Februar, 4.Jahrg.,Nr.2/78

TECHNIKUM

S O N D E R N U M M E R

Fortbildungsdienst der Technischen Direktion

Aus dem Inhalt:

DIE TECHNISCHEN DATEN

DIE VERSORGUNGSSITUATION

HISTORISCHES

BETRIEBSKONZEPT

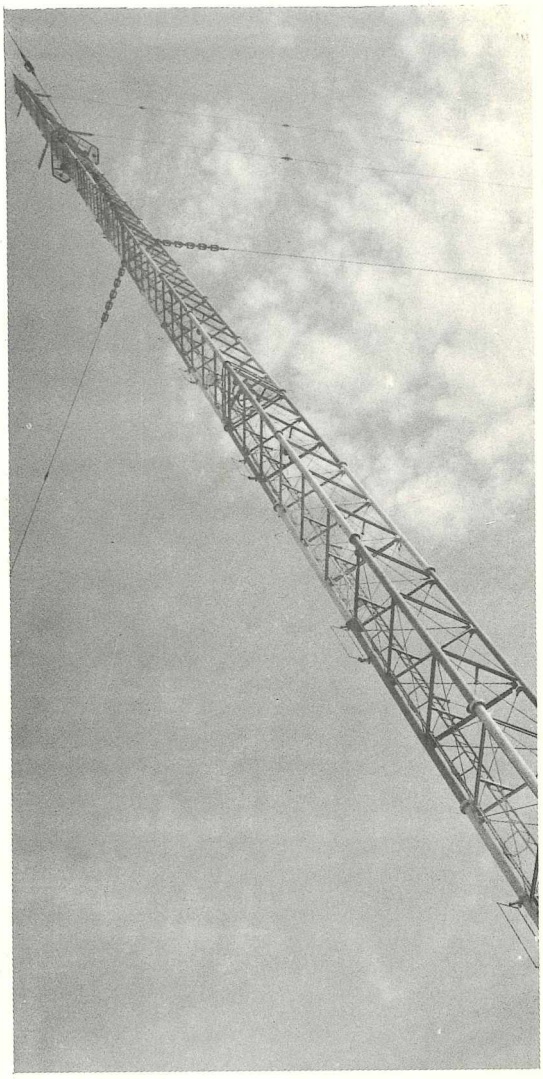
SENDETECHNIK-EINRICHTUNGEN

ANTENNENANLAGE

DIE STROMVERSORGUNG

HEIZUNGS- u. KLIMATECHNIK

BETRIEBSERFAHRUNGEN



DIE MITTELWELLEN GROSS-SENDEANLAGE BISAMBERG

Eigentümer, Herausgeber, Verleger und Drucker: Österreichischer Rundfunk, Technische Direktion/Schulung: Dr. Kurt Koprolin. Verantwortlicher Redakteur: Dipl. Ing. Günther Konecny. Alle: 1136 Wien XIII, Würzburggasse 30

EDITORIAL

In Fortsetzung unserer Bemühungen um die Erstellung von Dokumentationen wichtiger technischer Einrichtungen des ORF entstand diese "ORF-TECHNIKUM-SONDERNUMMER" über die Mittelwellen-Großsendeanlage Bisamberg.

Die vorliegende Ausgabe wurde auf Basis von bereits in den vergangenen zwei Jahren herausgebrachter Einzelbeiträge erstellt. Sie befaßt sich mit einer ausführlichen Gesamtbeschreibung dieser Großstation, wobei der Schwerpunkt auf der Erläuterung der notwendigen Erweiterungen und des Umbaues auf eine Sendeleistung von 6oo kW gelegt wurde. Darüber hinaus werden die konzeptiven Fragen und die nun vorliegenden betriebstechnischen Erfahrungen näher beleuchtet.

Eine kurze historische Rückblende wirft ein Licht auf die bewegte Geschichte dieses Großsenders,der am 28.5.1933 erstmals seinen Betrieb aufgenommen hatte. Nach der Sprengung der Anlage am 13. April 1945 erfolgte die Neuinbetriebnahme eines 35 kW-Senders am 15. März 195o und die Eröffnung der neuen Anlage mit 2 Sendern zu je 24o kW am 17. August 1959. Sie ist im Sonderheft E u.M 9/1o, 77.Jahrg.,196o genauer beschrieben worden.

Der historische Rückblick zeigt aber auch die Bedeutung dieser Sendeanlage für den Österreichischen Rundfunk, die auf Grund der Ergebnisse der MW-Konferenz 1975 in Genf weiter unterstrichen wurde.

Abschließend ist den Autoren der Einzelbeiträge vielmals zu danken, ohne deren Bemühungen diese Schrift nicht zustandegekommen wäre.

(Kurt Koprolin)

INHALTSVERZEICHNIS

	Seite
EDITORIAL	1
1. DIE TECHNISCHEN DATEN DER SENDEANLAGE IN KURZFORM	2
1.1 Sender	2
1.2 Antennenanlage	2
1.3 Stromversorgung	3
2. DIE BEDEUTUNG DER MW-GROSS-STATION BISAMBERG IM RAHMEN DER NEUORDNUNG DES MW-SENDERNETZES DES ORF	4
2.1 Einleitung	4
2.2 Die Bedeutung der Station Bisamberg	4
2.3 Wirtschaftlichkeitsvergleich zwischen UKW-u.MW-Versorgung	4
2.4 Konzeptüberlegungen	6
2.5 Versorgungstechnische Studie	7
2.6 Situation nach der MW-Konferenz Genf 1975	9
3. HISTORISCHES	1o
4. DAS BETRIEBSKONZEPT	15
5. DIE SENDETECHNISCHEN EINRICHTUNGEN	18
5.1 Die Sender	18
5.1.1 Der 600 kW-Sender	18
5.1.2 Die beiden 240 kW-Sender	23
5.1.3 Die Sender-Kühlung	25
5.2 Die Senderschalt- und Überwachungseinrichtungen	27
6. DIE ANTENNENANLAGE	3o
6.1 Die Antennenanlage des ersten Bisamberg-Senders	3o
6.2 Die Antennenanlage des 1959 in Betrieb genommenen Senders	3o
6.2.1 Die Sendemaste	3o
6.2.2 HF-Erdnetze	31
6.2.3 HF-Speiseleitungen	31
6.2.4 Antennenabstimmung	32
6.3 Die Antennenanlage des neuen 600 kW-Senders	32
6.3.1 Die Sendemaste	33
6.3.2 HF-Erdnetze	36
6.3.3 HF-Speiseleitungen und HF-Stromlaufplan	37
6.3.4 HF-Schalter	38
6.3.5 Antennenabstimmung	39
6.4 Bisherige Betriebserfahrungen	39
7. DIE ENERGIEVERSORGUNG	4o
7.1 Die Entwicklungsstadien der Energieversorgung	4o
7.2 Der Versorgungsaufbau	41
7.3 Hoch- und Niederspannungsschalt- und Verteilanlage	42
8. LUFT- UND WÄRMETECHNISCHE ANLAGEN	45
8.1 Anlage für die beiden 240 kW-Sender	45
8.1.1 Aufgabenstellung	45
8.1.2 Grundlegender Aufbau der Anlage	45
8.2 Die heizungs- und lüftungstechnischen Maßnahmen im Zuge der Aufstellung des 600 kW-Senders	46
9. BETRIEBSERFAHRUNGEN	5o

1. DIE TECHNISCHEN DATEN DER SENDEANLAGE IN KURZFORM

1.1 Sender:

2 Stück BBC-Sender mit einer Ausgangsleistung von je 240 kW.
Jeder dieser Sender besteht aus zwei 120 kW-Sender, die im Parallelbetrieb (aktive Reserve) arbeiten.

Modulationsart: Anodenmodulation mit siedegekühlten Trioden-Endstufen

Je ein Sender abgestimmt auf 584 kHz und auf 1475 kHz (ab November 1978: 585 bezw. 1476 kHz).

1 Stück BBC-Sender mit einer Ausgangsleistung von 600 kW.

Modulationsart: Anodenmodulation mit H3-Betrieb bei siedegekühlter Tetrode als HF-Endstufe.
Der Sender kann innerhalb von 2 min. von 584 kHz auf 1474 kHz umgestimmt werden. Er arbeitet auf beiden Frequenzen.

1.2 Antennenanlage:

2 Stahlfachwerksmaste mit folgender Abstrahlungscharakteristik:

Horizontal: Rundstrahlung für beide Frequenzen
Vertikal: Nahschwundarm

Nordmast:

Mastkonstruktion: Abgespannter Stahlfachwerksmast mit Innensteigleiter, Luftwarnbeleuchtung und Luftwarnanstrich

Masthöhe: 265 m

Fußpunktspeisung.

Speiseleitungen: 1 unsymmetrischer 230 Ohm-Freileitungs-Feeder für den Simultanbetrieb mit 120 kW/584 kHz oder als Leitung für den Reservebetrieb mit 240 kW/584 kHz. Eisabheizanlage vorhanden.

1 Stück 50-Ohm-Erdkabel (Typ Flexwell 6 1/8 Zoll, Kunststoff-Mantel, Außendurchmesser 17cm, mit Stickstoff-Druckfüllung arbeitend) für den Normalbetrieb (600 kW/584 kHz bei Tag, 240 kW/584 kHz bei Nacht); kann nach Umschaltung auch für den Simultanbetrieb mit 120kW/1475 kHz verwendet werden.

Haupt-Sendefrequenz: 584 kHz (ab November 1978: 585 kHz)
Simultanbetriebsfähig: kann mit beiden Betriebsfrequenzen(584 kHz und 1475 kHz) gleichzeitig mit je 120 kW betrieben werden.

Südmast:

Mastkonstruktion: Abgespannter Stahlfachwerksmast mit Innensteigleiter, Luftwarnbeleuchtung und Luftwarnanstrich.

Masthöhe: 120 m

Fußpunktspeisung.

Speiseleitungen: 2 unsymmetrische 230 Ohm-Freileitungs-Feeder für den Simultanbetrieb mit 120 kW/584 kHz und 120 kW/1475 kHz; der Feeder für 1475 kHz kann auch als Reserveleitung für 240 kW eingesetzt werden. Eisabheizanlage für die Feeder ist vorhanden.

1 Stück 50 Ohm-Erdkabel (Type Flexwell, siehe oben, für den Normalbetrieb (600 kW/ 1475 kHz bei Nacht).

Haupt-Sendefrequenz: 1475 kHz (ab November 1978: 1476 kHz). Simultanbetriebsfähig.

1.3 Stromversorgung:

EVU-Versorgungsspannung: 20 kV

Netztransformatoren: 1 x 640 kVA) zur Versorgung der
1 x 700 kVA) 240 kW-Sender

1 x 400 kVA ... für den niederspannungs-mäßigen Versorgungsanteil des 600 kW-Senders und für die allgemeine Hausversorung

Vollastbetrieb: 2,7 MVA

Diesel-Notstromanlage:

2 Fünfzylinder-Viertakt-Dieselaggregate, Type HSS 50/5 der Grazer Waggon- und Maschinenfabrik, Bauj.1932

Dauerleistung A: 500 PS (368 kW) bei 300 U/min
Hubvolumen: 267 l
Generator: 3 x 220/380 V, Dauerleistung 420 kVA

1 Vierzylinder-Viertakt-Dieselaggregat, Type HSS 50/4 der Grazer Waggon- und Maschinenfabrik, Bauj.1932

Dauerleistung A: 400 PS (294 kW) bei 300 U/min
Hubvolumen: 214 l
Generator: 3 x 220/380 V, Dauerleistung 335 kVA

1 Vierzylinder-Viertakt-Dieselaggregat, Type 64 der Fa.SGP, Bauj.1950

Dauerleistung A: 75 PS (55 kW) bei 1500 U/min
Hubvolumen: 7,9 l
Generaltor: 3 x 220/380 V, Dauerleistung 60 kVA

2. DIE BEDEUTUNG DER MW-GROSZSTATION BISAMBERG IM RAHMEN DER NEUORDNUNG DES MW-SENDERNETZES DES ORF

Dipl.Ing.Josef Burgstaller, TD/SE

2.1. Einleitung

Naturgemäß hat schon seit dem Beginn des Rundfunkbetriebes in Österreich der Sender im Raume Wien eine besondere Rolle gespielt. Ab 1933 war dieser wichtigste MW-Sender Österreichs am Bisamberg situiert. Mit einer Leistung von 1oo kW gehörte dieser Sender damals zu den leistungsstärksten und modernsten Sendern Europas. Auch heute - nach der 1975 vorgenommenen Erhöhung der Sendeleistung - zählt die Sendeanlage Bisamberg zu den wichtigsten MW-Sendestationen Europas.

2.2. Die Bedeutung der Station Bisamberg

Im Rahmen des MW-Sendernetzes des ORF ist die Station Bisamberg mit Abstand die bedeutendste. Über dieses MW-Sendernetz wurden bis 4.9.1977 die beiden Hörfunkprogramme OE1 und OER ("Österreich Regional") parallel zur UKW-Versorgung des Landes verbreitet. Mit 31.Dezember 1975 ergab sich dabei folgende Situation der Mittelwellen-Versorgung (die Versorgung ist in Prozenten der österreichischen Gesamtbevölkerung angegeben):

Programm		Zahl der MW-Sender	Summenleistung (kW)	Versorgungsgrad (%)
OE 1	bei Tag	60	887,6	90.0
	bei Nacht	60	527,6	65.1
OER	bei Tag	82	365,9	80.2
	bei Nacht	82	725,9	52.8

Tabelle 1

Die entsprechenden Versorgungszahlen für den Bisamberg betrugen für

OE 1 - bei Tag: mit 6oo kW 43.3%
OE 1 - bei Nacht: mit 24o kW 35.9%
OER - bei Tag: mit 24o kW 38.7%
OER - bei Nacht: mit 6oo kW 31.9%

Man kann also feststellen, daß die Sender der Station Bisamberg 1975 bei Tag etwas weniger und bei Nacht etwas mehr als die Hälfte der Versorgung des gesamten MW-Sendernetzes des ORF erbracht haben.

2.3 Wirtschaftlichkeitsvergleich zwischen UKW -und MW-Versorgung

Zum Vergleich mit den obigen Ziffern für MW sei die Situation auf UKW mit 31.Dezember 1975 beschrieben (Tabelle 2).

Programm		Zahl der UKW-Sender	Summenleistung (kW) (Senderleistung)	Versorgungsgrad (%)
OE 1	mono	89	83.3	95.3
	stereo	89	83.3	91.2
OER		95	83.7	95.3
OE 3	mono	89	83.3	95.3
	stereo	89	83.3	91.2

Tabelle 2

Diese Versorgungsgrade auf UKW ergaben sich ohne Unterschied bei Tag und Nacht und waren dank des forcierten Ausbaues des letzten Jahrzehnts 1975 schon für Stereoempfang höher als die MW-Versorgung bei Tag. Im Zuge dieses Ausbaues hatte bereits im Jahre 1968 die UKW-Versorgung im Durchschnitt der beiden Programme die MW-Versorgung bei Tag erreicht.

Wie aus den obigen Ziffern hervorgeht, wird die von der Tageszeit unabhängige und in der Übertragungsqualität deutlich überlegene UKW-Versorgung mit einem Bruchteil an aufgewendeter Senderleistung erzielt. Diese Tatsache forderte schon damals einen Wirtschaftlichkeitsvergleich geradezu heraus.

Betriebskostenvergleich Mittelwelle - Ultrakurzwelle

In der Betriebsabrechnung 1968 des ORF sind für die beiden betrachteten Programme die totalen Ausstrahlungskosten für das Betriebsjahr 1968, bezogen auf eine Sendestunde, ausgewiesen. Werden diese Ausstrahlungskosten mit dem erzielten Versorgungseffekt (Bevölkerung) in Beziehung gesetzt, ergeben sich Sendekosten je Sendestunde für je 1oo.ooo versorgte Einwohner gem. Tabelle 3.

Kostenvergleich (in S):

	MW Tag	MW Nacht	UKW Tag und Nacht
Sendernetz Ö 1			
Ausstrahlungskosten	27 929 ooo		12 294 ooo
Kosten je Sendestunde	4 152		1 828
Kosten für 1oo.ooo versorgte Einwohner je Sendestunde	68.8	87.o	29.6
Sendernetz ÖR			
Ausstrahlungskosten	24 o19 ooo		14 217 ooo
Kosten je Sendestunde	3 45o		1 o42
Kosten für 1oo.ooo versorgte Einwohner je Sendestunde	6o,1	89,7	31.9

Tabelle 3

Die Kostenrelation für die Versorgung von je 1oo.ooo Einwohnern in Österreich mit je einer Stunde Hörfunkprogramm betrug 1968 im Mittel der beiden Programme rund

1	:	2	:	3
UKW		Mittelwelle, Tag		Mittelwelle, Nacht

Diese Erkenntnis führte ab 1969 zu einem umfassenden Überdenken der Rolle der Mittelwelle in einem zukünftigen integrierten Hörfunkkonzept ohne Doppelversorgung UKW-Mittelwelle.

2.4 Konzeptsüberlegungen

Aus den oben angestellten Betrachtungen lassen sich unter Berücksichtigung der physikalischen Gegebenheiten folgende Schlußfolgerungen ableiten:

(1) Für den regionalen, bzw. den nationalen Hörfunkdienst ist der Verbreitung über UKW nicht nur aus Gründen höherer und zeitlich gleichbleibender Qualität, sondern auch aus Gründen der Wirtschaftlichkeit der Vorzug gegenüber der Mittelwellenversorgung mittels Bodenwelle zu geben.

(2) Die Zielsetzung für die Mittelwelle sollte dorthin gerichtet werden, wo mittels UKW im Hinblick auf Ausbreitungsbedingungen bzw. Empfangsmöglichkeiten kein Erfolg erzielt werden kann (z.B. Reichweite, Empfängerprobleme).

Unter konsequenter Berücksichtigung dieser Schlußfolgerungen wurde die folgende Vorstellung für zukünftige unterschiedliche Zielsetzungen der Mittelwelle bzw. der Ultrakurzwelle ausgearbeitet:

(1) Zielsetzung für die Ultrakurzwelle: Verbreitung von mindestens drei strukturierten nationalen und regionalen Programmen in ganz Österreich und hoher Übertragungsqualität (mindestens zwei Programme in Stereo).

(2) Zielsetzung für die Mittelwelle: Kultur- und rundfunkpolitische Repräsentation mit mindestens einem bundeseinheitlichen Programm (z.B. Repräsentativprogramm, zusammengesetzt aus Teilen der Strukturprogramme) im nationalen und übernationalen Raum unter Verzicht auf hohe Übertragungsqualität.

Aus dieser geänderten Zielsetzung für die Mittelwelle ergibt sich das Bedürfnis nach großen Reichweiten. Da bei einer Mittelwellenübertragung von vornherein mit einer geringen Übertragungsqualität zu rechnen ist, kann durchaus für die Nachtzeiten die Raumwellenübertragung ins Auge gefaßt werden. Mit einer für österreichische Verhältnisse realistischen Obergrenze der Senderleistung von 1 MW lassen sich Nachtreichweiten von rund 1.ooo km erwarten. Aus wirtschaftlichen Gründen sollte mit dieser hohen Senderleistung bei Nacht auch die Raumwellenversorgung innerhalb Österreichs gewährleistet werden und bei Tag neben der Inlandsversorgung eine möglichst weitreichende Repräsentanz im übernationalen Raum ermöglicht werden.

Dies führte zu einem Modelbetriebskonzept mit folgenden wesentlichen Annahmen:

(1) Bei Tag soll ein Sendernetz von zweckmäßig angeordneten Sendern hoher und mittlerer Leistung (gegebenenfalls in Synchrongruppen) und von zusätzlichen Sendern geringer Leistung eine optimale Bodenwellenversorgung innerhalb Österreichs und eine möglichst große Reichweite nach außen gewährleisten. Zweckmäßigerweise sollen diese Sender vorwiegend auf relativ langen Wellen arbeiten.

(2) Bei Nacht soll ein Sender mittels Raumwelle die volle Versorgung Österreichs und eine möglichst große Reichweite nach außen gewährleisten, wobei die Raumwellenversorgung zur Vermeidung ausgedehnter Eigenschwundzonen möglichst nahe am Senderstandort einsetzen soll und die Raumwellenfeldstärken im Bereich zwischen 5o km und 1.ooo km möglichst gleichmäßig hoch sein sollen. Zweckmäßiger - weise sollte dieser Sender im oberen Bereich des Mittelwellenbandes arbeiten. Für dicht besiedelte Gebiete in sendernähe würde ein Bodenwellenlückenfüllsender notwendig sein.

(3) Die Aufgaben des Hauptsenders im Bodenwellensendernetz und des Raumwellensenders sollen von einem Hochleistungssender mit rascher automatischer Umstimmmöglichkeit auf zwei Frequenzen wahrgenommen werden. Die Antennensysteme für Tag -und Nchtbetrieb sollten nach Möglichkeit kombiniert werden.

(4) Die Frequenzumstellung ist den Hörern zumutbar, wenn im Zeitpunkt des Überganges vom Bodenwellensendernetz auf den Raumwellensender die Versorgung innerhalb der Tagversorgungsbereiche ohne größere Beeinträchtigung aufrecht erhalten werden kann und wenn der Zeitpunkt der Umstellung möglichst selten geändert wird.

Zur Erhärtung der getroffenen Annahmen wurden in der Folge technische und später auch betriebliche Studien durchgeführt.

2.5 Versorgungstechnische Studie

Für den Tagbetrieb wurde selbstverständlich eine Lösung gesucht, die ein Minimum an Änderungen im bestehenden Netz ergab . Da die Sender bei Nacht nicht in Betrieb sind, ist die Frequenzwahl im wesentlichen frei. Aus den CCIR-Ausbreitungskurven für Bodenwellen ergibt sich klar der Vorteil langer Wellen für die Bodenwellenversorgung.

In Abb. 1 sind die Reichweiten je eines 1o-kW-Senders und eines 1-MW-Senders auf den Frequenzen 5oo kHz und 1.5oo kHz für gute und schlechte Bodenleitfähigkeit dargestellt.

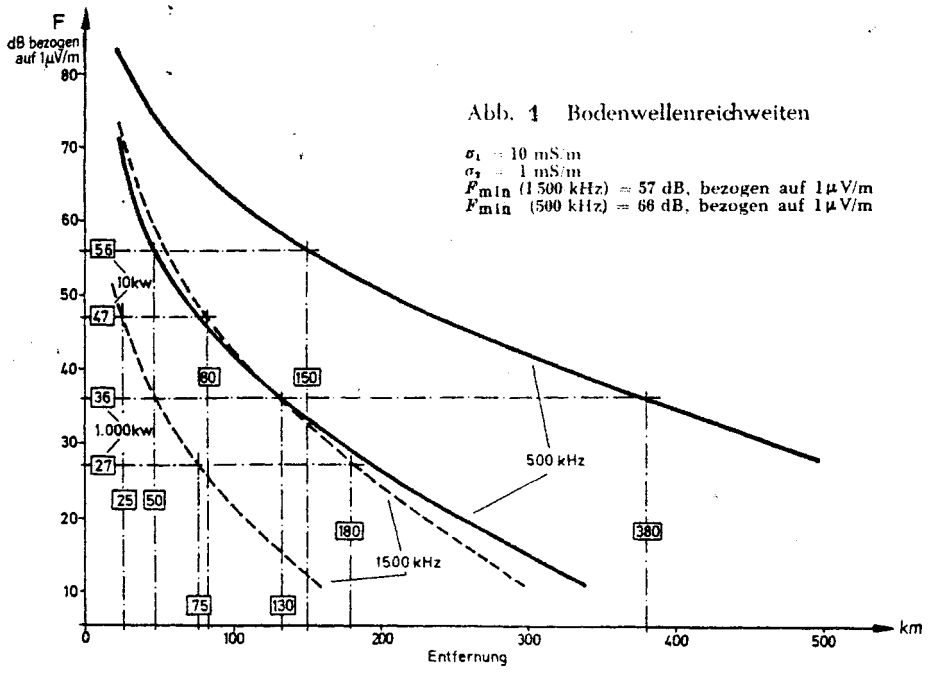


Abb. 1 Bodenwellenreichweiten

σ_1 = 10 mS/m
σ_2 = 1 mS/m
F_{min} (1 500 kHz) = 57 dB, bezogen auf 1 µV/m
F_{min} (500 kHz) = 66 dB, bezogen auf 1 µV/m

Das mittlere Reichweiteverhältnis beträgt zu Gunsten der langen Welle etwa 1.9, der Flächengewinn damit rund 3.6. Alle Sender mit Leistungen über 10 kW sollten daher auf Frequenzen um 600 kHz im Synchronbetrieb arbeiten, wobei maximal vier verschiedene Frequenzen benötigt werden. Die Kleinsender, die aus Kostengründen keine aufwendigen Antennen haben, sollten als günstigsten Kompromiß zwischen Ausbreitung und Antennenwirkungsgrad den mittleren Frequenzbereich des Mittelwellenbandes benützen. Mit einem Sendernetz von 71 Sendern und einer Gesamtsenderleistung von 1248 kW könnte am Tag eine Inlandsversorgung von 92.6% erzielt werden, die dem Vergleich mit der UKW-Versorgung durchaus standhielte. Die in Abb.2 dargestellten Versorgungsbereiche für ordentliche Versorgung und für Grenzversorgung zeigen den überragenden Anteil eines 1-MW-Senders am außerösterreichischen Hörerpotential von rund 40 Millionen jenseits der Empfangsmöglichkeiten auf UKW.

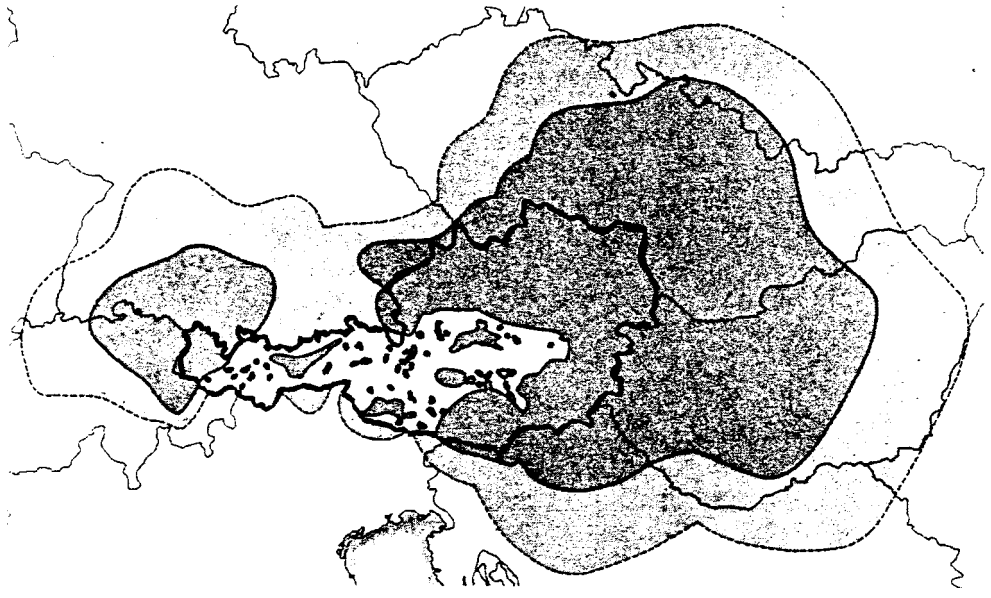


Abb. 2 Mittelwellenkonzept-Bodenwellenversorgung bei Tag

Ordentliche Versorgung: F_{min} = 66 dB, bezogen auf 1 µV/m Grenzversorgung: F_{min} = 54 dB, bezogen auf 1 µV/m

Die errechneten Betriebskosten für ein derartiges Tagesnetz entsprechen etwa denen für die beiden damals betriebenen Mittelwellennetze, wobei ein großer Teil dieser Kosten auf den 1-MW-Sender entfällt.

Für den Nachtbetrieb mittels Raumwelle sind die Lage und Größe der Eigenschwundzone des Raumwellensenders von größtem Interesse. Die Forderung, die Eigenschwundzone möglichst nahe an den Sender heranzubringen, führt zwangsläufig zu einer Betriebsfrequenz im oberen Bereich des Mittelwellenbandes, da dort die Bodenwellenreichweite geringer ist. Allerdings ist mit vertikaler Polarisation der Ring des Eigenschwundbereiches nicht nahe an den Sender heranzubringen, so daß zur Füllung dieser Lücke in der Nachtversorgung ein eher starker zusätzlicher Bodenwellensender notwendig ist. Horizontale Polarisation läßt relativ aufwendige Antennenkonstruktionen erwarten, wenn man große Reichweiten erzielen will, d.h. auch in diesem Fall sind höhere Frequenzen günstiger. Der Bodenwellenlückenfüllsender kann aber dann mit wesentlich geringerer Leistung auskommen. Dies war die Ausgangssituation für eine eigene antennentechnische Studie. Mit den beiden an einem Standort befindlichen Sendern (Raumwellensender + Bodenwellenlückenfüller) kann in der Nachtzeit innerhalb Österreichs ein Versorgungsgrad von 99% und darüber hinaus ein außerösterreichisches Hörerpotential von rund 400 Mio. erreicht werden. Die Betriebskosten für diesen Nachtbetrieb würden etwa 55% der Kosten für die beiden betriebenen Netze (OE 1 + OE R) betragen. Würde man das Tagnetz auch bei Nacht betreiben (Bodenwellenversorgung bei Nacht), so ergäben sich unter Annahme günstiger Interferenzbedingungen eine Inlandsnachtversorgung von maximal 75% und um etwa 80% höhere Betriebskosten im Vergleich zur Raumwellenlösung.

2.6 SITUATION NACH DER MW-KONFERENZ GENF 1975

Auf Grund der Ergebnisse dieser Konferenz - welche eine ausreichend störungsfreie Versorgung von ganz Österreich über Raumwelle wegen der überaus dichten Senderbelegung als sehr unsicher erscheinen ließ - ist ein Raumwellenbetrieb praktisch nicht möglich, wodurch die strenge Realisierung des eben beschriebenen Konzeptes unmöglich wurde. Es war also notwendig, zumindest für die Laufzeit des Planes von Genf auch bei Nacht die teurere Bodenwellenversorgung vorzusehen.

Infolge der Konzentration der österreichischen Sender auf in Zukunft 7 Frequenzen, von denen 4 als günstig und 3 als ungünstig in bezug auf die nächtliche Interferenzsituation anzusehen sind, wäre ab dem Inkrafttreten des neuen Planes (23. November 1978) eine Abstrahlung unterschiedlicher Programme (Regionalprogramme) über das MW-Sendernetz des ORF nicht mehr möglich gewesen. Da aber bereits im Laufe des Jahres 1977 die Auftrennung des UKW-Sendernetzes OER entsprechend den Grenzen der Bundesländer praktisch komplettiert worden ist, hat ab diesem Zeitpunkt keine Notwendigkeit mehr für die generelle Abstrahlung von OER über MW bestanden.

Es konnte daher ab 5.9.1977 eine im Sinne der notwendigen Bodenwellenversorgung bei Nacht adaptierte Variante des unter Punkt 2.4 dargelegten Konzeptes im Sinne einer Konzentration des MW-Sendernetzes realisiert werden. Damit kann unter den gegebenen Umständen für ein MW-Programm das Maximum bei Tag und ein relatives Optimum bei Nacht erreicht werden. Insbesondere mit dem neuen 600 kW-Sender wird auch in Zukunft die Station Bisamberg von überragender Bedeutung sein, wobei die nächtliche Hörbarkeit im europäischen Raum trotz nicht ganz befriedigender Störfreiheit ausreichend gegeben ist. Die Umschaltzeiten des 600 kW-Senders zwischen den Frequenzen 584 kHz (Tagbetrieb) und 1475 kHz (Nachtbetrieb) sind im Interesse dieser Hörbarkeit primär den physikalischen Gegebenheiten angepaßt.

Ab 23. November 1978 werden sich folgende Versorgungszahlen für den Sender Bisamberg ergeben (die Versorgung ist in Prozenten der österreichsichen Gesamtbevölkerung angegeben):

MW-Programm bei Tag:	mit 600 kW (Bodenwelle: 585 kHz)	43,3%
MW-Programm bei Nacht:	mit 240 kW (Bodenwelle: 585 kHz)	37,0%
	mit 600 kW (Raumwelle: 1476 kHz)	rd. 400 Millionen Hörer in Zentraleuropa

3. HISTORISCHES

Ing. Stefan Müller, TD/SE

Der erste Mittelwellensender, der in Europa Musik und Sprache ausschließlich zur Unterhaltung regelmäßig ausgestrahlt hat, stand in Frankreich und begann 1921 mit seinen Sendungen. Auch Österreich zählte zu jenen Ländern, welche die Bedeutung des Rundfunks schon sehr frühzeitig erkannten und Sender errichteten. Das österreichische Industrieunternehmen Czeija, Nissl & Co. begann mit einem nach ausländischen Patenten hergestellten Sender im Jahre 1923 in Wien Versuchssendungen durchzuführen. Der Sender hatte seinen Standort in der radiotechnischen Versuchsanstalt des "Technologischen Gewerbemuseums" in Wien und besaß eine hochfrequente Trägerleistung von etwa o,2 kW. Zur gleichen Zeit bestand auch an der Technischen Hochschule in Wien ein Versuchssender.

Bereits am 1. August 1924 wurden mit einer von den Gründen der "Österreichischen Radioverkehrs-A.G." (RAVAG) im ehemaligen Kriegsministerium am Stubenring in Wien errichteten Sendeanlage von o,35 kW Leistung Versuche aufgenommen. Am 1. Oktober 1924 begann dann der offizielle Sendebetrieb. Die Leistung wurde sehr bald (Anfang 1925) auf o,7 kW erhöht. Die Wellenlänge von etwa 53o m, die bereits bei den Versuchssendungen Verwendung fand, wurde beibehalten.

Dieser ersten Rundfunksendeanlage in Österreich folgten in kurzen Abständen Senderbauten in den Bundesländern. Es zeigte sich aber, daß mit den geringen Sendeleistungen von rund o,5 kW nicht das Auslangen gefunden werden konnte. Es wurde daher in Wien bereits eineinhalb Jahre nach Inbetriebnahme des ersten Rundfunksenders eine neue Anlage mit 5 kW Leistung an einem günstigeren Standort, und zwar am Rosenhügel im Südwesten Wiens, in Betrieb genommen (3o.1.1926). Leistungssteigerungen erfolgten aber auch bei den übrigen Rundfunksendern Europas, sodaß man gezwungenermaßen eine weitere Erhöhung der Sendeleistungen in Österreich ins Auge fassen mußte. Diesem internationalen Trend wurde am 1.9.1927 mit der Erhöhung der Leistung des Senders Rosenhügel auf 15 kW Rechnung getragen. Der Stubenring-Sender blieb neben dem Sender Rosenhügel als Reservesender erhalten.

Selbstverständlich war der Sender Rosenhügel nicht nur für den Raum Wien gedacht, sondern es sollte von ihm auch ein möglichst großer Teil Österreichs versorgt werden.

Am 28. Mai 1933 ging schließlich der Sender Bisamberg als erste Großsender Österreichs mit 1oo kW Leistung in Betrieb und löste damit den Sender Rosenhügel und den Reservesender Stubenring ab. Der Sender Bisamberg befindet sich auf dem 359 m hohen Bisamberg, nordwestlich des Stadtgebietes. Die Wahl des Aufstellungsortes geschah nach sorgfältigen Untersuchungen, wobei folgendes besonders berücksichtigt wurde: Die bestehenden Empfangsverhältnisse sollten verbessert und neue Gebiete dem störungsfreien Empfang erschlossen werden: Überdies sollte möglichst wenigen Teilnehmern der Fernsehempfang erschwert werden. Dadurch fiel schon der Platz des alten Rosenhügel-Senders außer Betracht, da er zu nahe der Stadt und dichtbesiedelten Gegenden lag. Von den übrigen Gebieten innerhalb 2o bis 25 km von Stadtmitte (noch größere Entfernungen hätten den Empfang in Wien selbst verschlechtert), kam ebenfalls ein großer Teil aus verschiedenen Gründen als Standort für den neuen leistungsstarken Sender nicht in Frage (verbautes Gebiet, Empfangsanlage Radio Austrie, Flugsicherungs- und Peilanlagen des Flughafens Aspern, das gesamte Gebiet des Wienerwaldes wegen der dort sehr ungünstigen Wellenausbreitungsverhältnisse). In den als zulässig verbleibenden Gebieten wurden Versuchssendungen mit einem fahrbaren Sender und gleichzeitig Feldstärkemessungen in weiterem Umkreis durchgeführt. Auf Grund dieser Versuche fiel die Wahl letztlich auf den Bisamberg als günstigsten Ort für die Errichtung des Senders. Wegen der Lage des Bisambergs innerhalb Österreichs wurde eine Antennenanlage gebaut, die bevorzugt nach Westen ausstrahlte.

Es wurde dazu eine Anordnung mit einem Sende- und einem Reflektormast gewählt. Die Antennenanlage bestand daher aus einem 13o m hohen Sende - und einem im Abstand von 115 m aufgestellten gleichgebauten Reflektormast (siehe Bild 3).

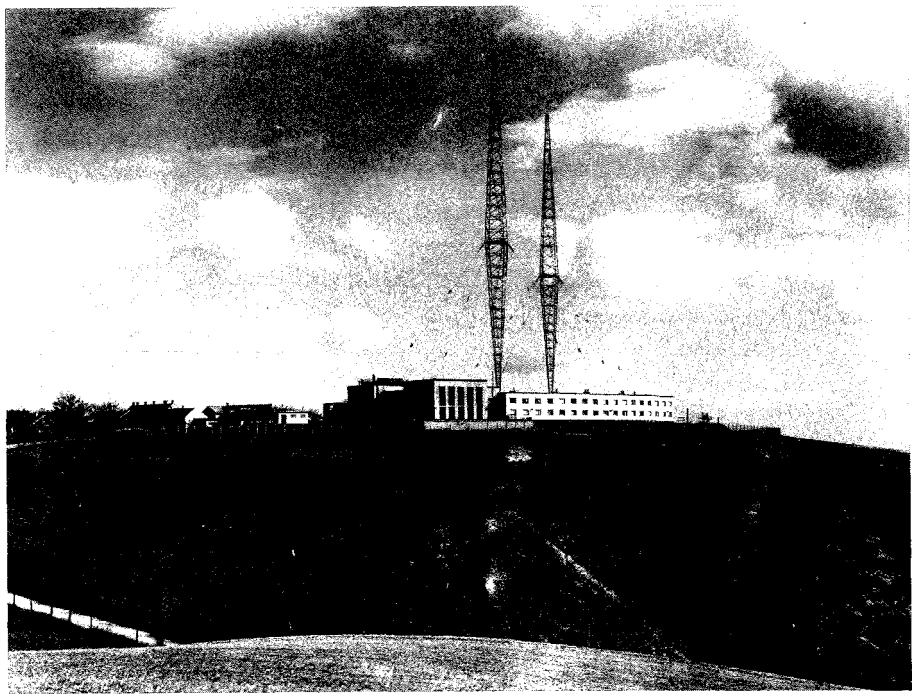


Bild 3

Der Sender Bisamberg mit Sende- und Reflektormast (1933)

Der Reflektormast wurde erst nach umfangreichen Messungen der Ausbreitungsverhältnisse mit dem Sendemast aufgestellt. Neben der Richtwirkung war auch die Verringerung der Raumstrahlung ein Ziel, das zu dieser Anordnung führte.

Die erste Station Bisamberg hatte keinen Anschluß an das öffentliche Stromversorgungsnetz und wurde autark von einer eigenen Kraftzentrale, die mit 2 kompressorlosen Viertakt-Fünfzylindermaschinen à 5oo PS und einem Vierzylinder-4oo PS - Aggregat, von denen jeweils zwei Einhheiten in Betrieb standen, versorgt. Diese Kraftzentrale mit den Dieselmaschinen war auch der einzige Stationsteil, der den zweiten Weltkrieg überdauert hat (siehe Bild 4).

Der 1oo kW- gitterspannungsmodulierte Sender hatte als erster Rundfunksender Österreichs eine Quarzsteuerstufe (erzielte Frequenzkonstanz: $\pm 1 \times 10^{-6}$). Der Steuerquarz selbst befand sich in einem doppelwandigen, abgeschmolzenen Glasgefäß und war mit einer Heiz- und einer Meßwicklung zusammengebaut.

Der Sender bestand aus 7 Stufen, wobei die Modulation im Gitterkreis der 5. Stufe erfolgte. Die Stufen 6 und 7 waren mit wassergekühlten Leistungs-Röhren ausgestattet.

Die ersten beiden Senderstufen waren zusammen mit dem Modulationsverstärker und der Temperaturregeleinrichtung in Gestellform aufgebaut, wogegen die übrigen Senderkaskaden frei im Raum standen.

Zum Betrieb des Senders waren umfangreiche Nebeneinrichtungen erforderlich, die in dem großzügig geplanten, weitläufigen Sendergebäude untergebracht waren. Für den Fall der Unterbrechung der Modulationsleitung zum Sender war ein kleines Hilfsstudio zur Fortführung des Betriebes (Schallplatten, Mikrophon) eingebaut. Ein großer Wohntrakt mit Personalwohnungen schloß sich dem Sendertrakt an.

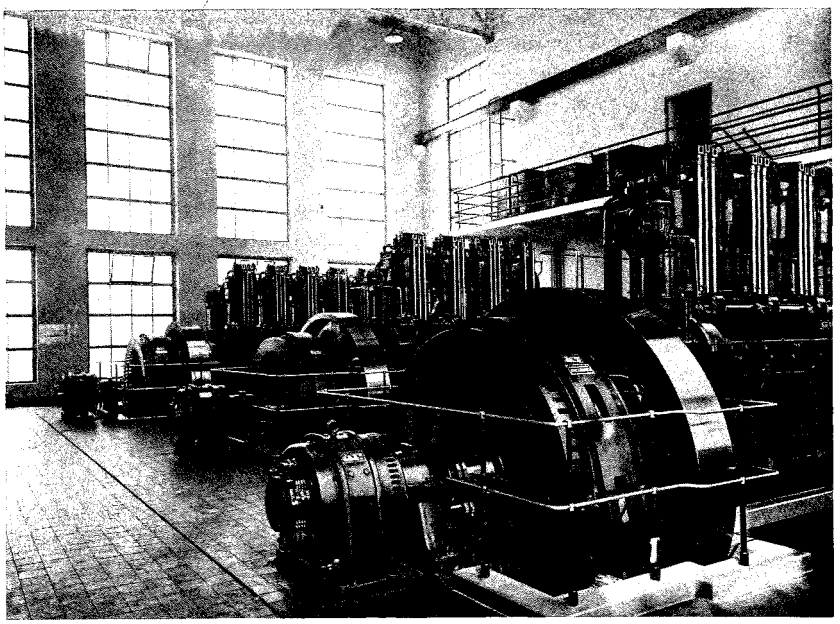


Bild 4

Die Kraftzentrale mit den zwei Fünfzylindermaschinen und der Vierzylindermaschine

Die Sendeanlage Bisamberg zählte im Jahr 1933 zu den modernsten und fortschrittlichsten Sendeanlagen Europas, wobei eine Reihe von technischen Einrichtungen und Ideen erstmalig hier angewandt wurden. Insbesondere wurden mit der erstmaligen Verwendung von selbststrahlenden bzw. strahlungsgekoppelten Masten (Sende- und Reflektormast) neue Wege zur kontrollierten Verbesserung der Rundfunkversorgung beschritten. Während der Dunkelheit war der neue Sender auch in weiten Teilen Europas gut zu empfangen.

Am 7. April 1945 besetzten sowjetische Truppen das Funkhaus Wien. Am 13. April 1945 sprengten abziehende SS-Truppen die Sendeanlage Bisamberg, wobei durch das beherzte Eingreifen von Angestellten des Senders, welche im letzten Augenblick eine bereits brennende Zündschnur knapp vor Zündung der Sprengladung durchtrennten, wenigstens die Vernichtung der Dieselkraftzentrale verhindert werden konnte. Heute noch sind am Klinkerboden der Kraftzentrale die Brandspuren der Zündschnüre zu sehen. Alle anderen Stationsteile, sowohl Antennenanlage als auch Sendergebäude, wurden durch die Sprengung zerstört (vgl.Bild 5)

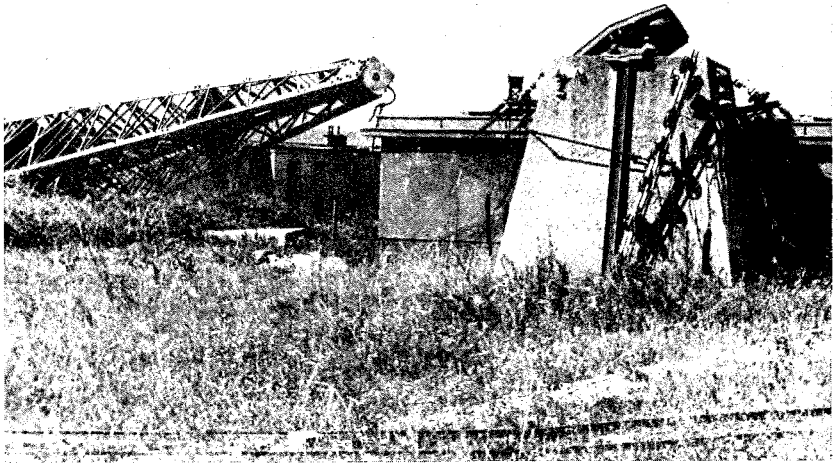


Bild 5

Der zerstörte Sendemast nach Sprengung durch abziehende SS-Truppen (1945)

Ein Detail aus dem Jahre 1944 verdient noch Erwähnung: In diesem Jahre wurde nämlich auf Weisung aus Berlin die Programmzubringung zur Sendeanlage Bisam-

berg über drahtlose Mikrowellen-Verbindungen (Wellenlänge 1o cm) eingerichtet.

Unmittelbar nach der Besetzung Österreichs durch die Alliierten Truppen begann unter unvorstellbaren Schwierigkeiten der Wiederaufbau. An eine Inbetriebnahme der Sendeanlage Bisamberg war jedoch vorderhand nicht zu denken. Der erste Sender in Wien nach dem Zweiten Weltkrieg befand sich im Funkhaus, von wo am 29. April 1945 der Staatsakt der Bildung der neuen, provisorischen Regierung über einen 3o W-Sender ausgestrahlt wurde. Ein 3oo W-Sender befand sich im "Technologischen Gewerbemuseum" (TGM). In der Folge wurde Schritt für Schritt der Sendebetrieb im Funkhaus ausgebaut, wobei besonderer Wert auf die Abstrahlung des Programms auch über Kurzwelle gelegt wurde, um sowohl in den anderen Teilen Österreichs als auch im Ausland vor allem aus staatspolitischen Gründen präsent zu sein.

Schon einen Monat nach Übertragung des Staatsaktes, nämlich am 31. Mai 1945, wurde mit Inbetriebnahme des legendären Senders "Mucki" die Leistung des Wiener Funkhaussenders auf 5oo W erhöht. Dieses Gerät war ein gußgekapselter Sender mit rotierenden Umformern der deutschen Wehrmacht, das von Mitarbeitern des österreichischen Rundfunks sichergestellt und adaptiert wurde. Die Antenne befand sich auf dem Dach des Funkhauses.

Anfangs der zweiten Hälfte des Jahres 1945 wurde im Funkhaus Wien ein 1o kW-Sender in Betrieb genommen. Auch für diesen Sender wurden die Teile aus verschiedenen Lagern und Betrieben auf abenteurliche Art und Weise von den Rundfunkleuten (Wiederaufbaugruppe) selbst zusammengeholt. Als Endröhre wurde eine wassergekühlte Type verwendet, die ursprünglich zur Verwendung in Störsendern entwickelt worden war (Type WRU, Röhre für Impulsbetrieb, als Treiberstufe diente der "Mucki"). Die Röhre stammte aus einem Funkwerk in der Thaliastraße. Der Hochspannungsgleichrichter wurde aus Teilen, die aus der Mollardschule stammten, zusammengebaut. Die Antenne wurde quer über den Funkhaushof zum Gebäude der Post in der Taubstummengasse gespannt. Später wurde auf dem Funkhausdach ein Antennenmast aufgestellt. Auf Betreiben der österreichischen Regierung wurde noch im selben Jahr in der Thaliastraße ein ähnlicher 1o kW-Sender aufgestellt. Dieser Sender wurde aus verschiedenen Wehrmachtssonderteilen in einer ehemaligen Rüstungsfirma, die zu dieser Zeit auf der Rechten Wienzeile angesiedelt war, zusammengebaut. Der Sender Thaliastraße strahlte das II. Programm aus.

Im Jahre 195o wurde in der Sendeanlage Bisamberg im erhalten gebliebenen Stiegenhaus als Ersatz für den 1o kW-Funkhaussender ein 35 kW-Sender der Firma Czeija & Nissl in Betrieb genommen. Dieser Sender - mit einer Anodenspannung von 17,5 kV - war Bremsgitter-moduliert und hatte ausgezeichnete Übertragungsqualität.

Da die österreichische Regierung auch nach wie vor auf die Abstrahlung von Programmen über Kurzwelle großen Wert legte, wurden die schon Mitte 1945 im Wiener Funkhaus in Betrieb genommenen Kurzwellensender - darunter ein 5o W-Marinesender - wegen der günstigeren Abstrahlungsbedingungen im Jahre 1952 vom Funkhaus auf den Bisamberg transferiert. Dort verblieben sie bis zur definitiven Inbetriebnahme der Kurzwellen-Sendeanlage Moosbrunn im Jahre 1959.

Neben dem österreichischen Rundfunk gab es in Wien noch die von den amerikanischen Besatzungstruppen betriebene Rundfunkstation "Rot-Weiß-Rot" (Studio in der Seidengasse) mit einem auf dem Wilhelminenberg errichteten 1oo kW-Mittelwellensender. Überdies betrieb die"Sendergruppe Alpenland" (unter der engl. Besatzungsmacht) einen Sender in Wien-Schönbrunn.

Nach Einstellung des Programmbetriebes von "Rot-Weiß-Rot" nach dem Abschluß des Staatsvertrages im Mai 1955, übernahm der 1oo kW-Sender Wilhelminenberg

die Abstrahlung des I. Programmes des Österreichischen Rundfunks. Die technischen Einrichtungen der Sendeanlage waren bereits Anfang 1955 dem Österreichischen Rundfunk übergeben worden. Damit verlor der 35 kW-Sender Bisamberg seine Funktion als Hauptsender und diente von da ab nur mehr als Reservesender.

Noch in der ersten Hälfte des Jahres 1955 wurde in einer Garage der Station Wilhelminenberg vom Österreichischen Rundfunk ein 25 kW-BBC-Sender installiert, der die Abstrahlung des II. Programmes übernahm und somit den Sender Thaliastraße ablöste.

Sofort nach Abschluß des Staatsvertrages lief die Planung für eine neue Sendeanlage für den Bisamberg an. Zu diesem Zeitpunkt zeichnete sich in der Technik der Kühlung von Leistungs-Senderöhren eine entscheidene Wende ab: War bisher die Luft- und Wasserkühlung solcher Röhren üblich, so ging man nunmehr auf die sogenannte Siedekühlung über. Man verfügte allerdings auf diesem Gebiet noch über keine Langzeit-Erfahrung. Um im Hinblick auf die Neukonzeption des Senders Bisamberg Erkenntnisse über diese neue Kühlungsmethode gewinnen zu können, wurde vom Österreichischen Rundfunk die im Krieg unbeschädigt gebliebene, jedoch technisch veraltete Sendeanlage Dobl versuchsweise in den Jahren 1955/56 auf Siedekühlung umgebaut. Diese Maßnahme erfüllte die in sie gesetzten Erwartungen voll und ganz und brachte den gewünschten Wirkungsgradanstieg. Damit war die Entscheidung über die Ausführung der Kühlung für die neue Anlage auf dem Bisamberg gefallen und in der Ausschreibung Siedekühlung vorgeschrieben. An der Ausschreibung beteiligten sich eine Reihe von Weltfirmen, von denen schließlich BBC den Zuschlag zur Lieferung von vier Stück 12o kW-Sendern erhielt. Im Unterschied zu den bisherigen Sendern, die durchwegs gittermoduliert waren, wiesen die vier neuen Sender Anodenmodulation auf.

Am 17. August 1959 konnte schließlich die neue Sendeanlage Bisamberg mit zwei Doppelsendern (je 2x 12o kW in aktiver Reserve) den Betrieb aufnehmen (je ein Doppelsender für jedes der beiden Programme).

Auch die im August 1959 in Betrieb genommene Sendeanlage Bisamberg gehörte damals zu den modernsten und leistungsstärksten Anlagen Europas. Der Kampf im Äther, der schließlich bei der Wellenkonferenz in Genf im Jahr 1975 in geregelte Bahnen gebracht werden sollte, hatte jedoch viele Staaten veranlaßt, die Sendeleistungen ihrer Mittelwellenstationen beträchtlich hinaufzusetzen. Um bei dieser Konferenz nicht hoffnungslos unterzugehen, war daher auch Österreich gezwungen, seinen Hauptsender entsprechend zu verstärken, um so bei der Mittelwellen-Konferenz in Genf mit einem 6oo kW-Sender zeitgerecht präsent zu sein. Dieser Sender in einer modernen, geschlossenen Bauweise (Containersender) wurde nach entsprechenden Umbauarbeiten am Gebäude im sogenannten Maschinenraum der Sendeanlage Bisamberg untergebracht. Auch die Antennenanlagen mußten der höheren Leistung entsprechend adaptiert werden. Der 6oo kW-Sender ist seit Beginn 1975 in Betrieb.

Literatur

1) Die Entwicklung der Rundfunktechnik in Österreich von 1924 bis 1938, E und M, 81. Jahrgang, Heft 18 und 19
2) Die Entwicklung der elektrischen Nachrichtentechnik in Österreich, E und M, 75. Jahrgang, Heft 8
3) Das österreichische Rundspruchsendenetz, E und M, 49. Jahrgang, Heft 29
4) Der Großrundfunksender Bisambergm E und M, 52. Jahrgang, Heft 38 und 39
5) Der Ausbau des österr. Sendernetzes, E und M, 77. Jahrgang, Heft 9 und 1o
6) Die Aufgaben einer Rundfunkmittelwellensendeanlage in der Nähe der österreichischen Bundeshauptstadt, E und M, 77. Jahrgang, Heft 9 und 1o
7) Die Entwicklung des Österr. Rundfunks von 1923 bis 1966, E und M, 9o.Jahrgang, Heft 11
8) Wertvolle Angaben mit Hinweisen stammen von Ing. Hans Kikinger (Leiter T6)

4. DAS BETRIEBSKONZEPT

Ing. Ernst Reithmaier, T7

An der Sendeanlage Bisamberg sind - unter Beachtung des neuen MW-Konzeptes sowie der gesamten Organisation des Senderbetriebes - folgende Aufgaben zu erfüllen:

1. Betrieb von 1 Stück 600 kW MW-Sender und
   2 Stück 240 kW-MW-Sendern, bestehend aus
   je 2 Stk. 120 kW-Sendern
   im Parallelbetrieb

   auf den beiden Sendefrequenzen 584 und 1475 kHz
   (ab 23. November 1978: 585 und 1476 kHz)
   in Tag- und Nachtbetriebsphase

2. Senderhauptkontrolle des Senderbetriebes für Wien, Niederösterreich und Burgenland zur Steuerung und Überwachung des Hörfunk- und Fernsehsendernetzes dieser drei Bundesländer, sowie zur Erfüllung bestimmter, sich aus der Organisation des Senderbetriebes ergebenden gesamtösterreichischer Aufgaben (z.B. Hochschaltung und Abschaltung der Sendernetze für FS 1 und FS 2, Kontaktstelle zwischen Sendeleitung und Senderbetrieb bezüglich Programmsendezeiten)

3. Sitz der Leitung des Senderbetriebes WNB mit den Büros des Leiters, der drei Sendergruppenleiter, dem Sekretariat, der mobilen Instandhaltungsgruppe, dem örtlichen Projektbearbeiter und dem Bereichslager.

Ad 1. Betrieb der Sender

Der Betrieb der MW-Sender erfolgt seit 5.9.1977 nach folgendem Schema:

Tagbetrieb: 600 kW auf der Frequenz 584 kHz

Nachtbetrieb: 600 kW auf der Frequenz 1475 kHz
240 kW auf der Frequenz 584 kHz

Die Tagzeit ist lt. Genfer Plan fixiert auf die Zeit

8.00 - 16.00 Uhr MEZ von 1.10. - 31.3. sowie
6.00 - 18.00 Uhr MEZ von 1. 4. - 30.9.

und ist ab November 1978 verbindlich.

Es ist somit der 600 kW-Sender zur Zeit (1.2.1978, daher Winterphase)

von 4.55 - 7.57 Uhr auf 1475 kHz (von 5.00 - 6.00 Uhr beschaltet mit dem Programm Ö3)

von 8.00 - 15.57 Uhr auf 584 kHz und

von16.00 - 1.05 Uhr auf 1475 kHz

jeweils an der entsprechenden Antenne in Betrieb zu halten.

Ein 240 kW-Sender (2 x 120 kW-Sender im Parallelbetrieb) ist auf der Frequenz von 584 kHz zusätzlich

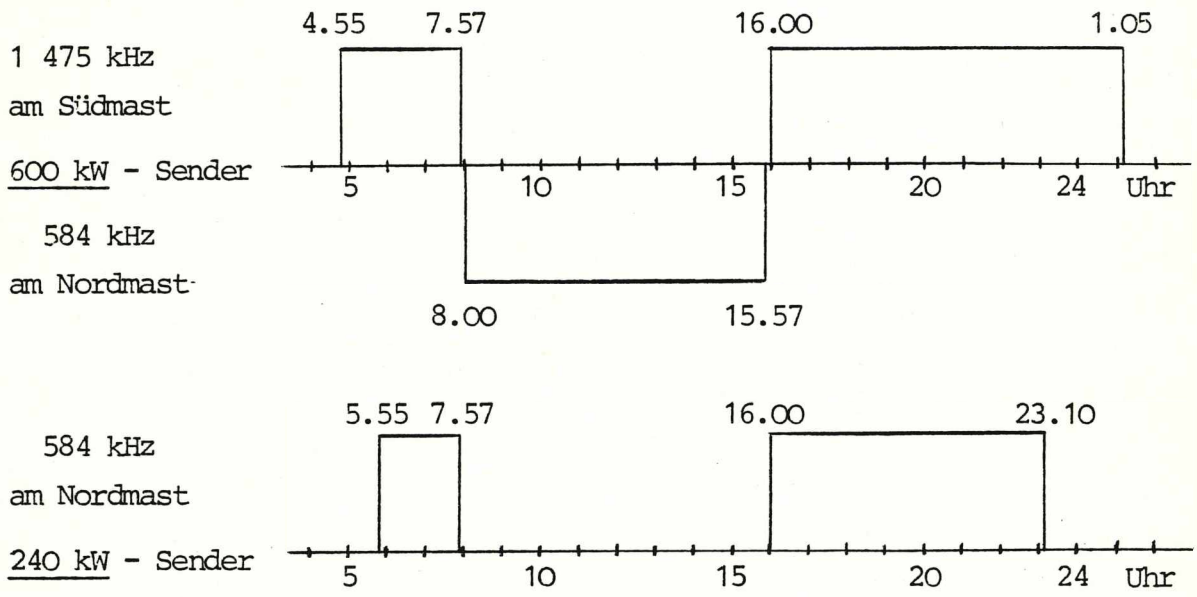
von 5.55 - 7.57 Uhr und

von 16.00 - 23.10 Uhr

an der jeweils freien Antenne zu betreiben. (Siehe Bild 6)

Zur Durchführung dieses Betriebsablaufes sind daher eine Reihe von Schalthandlungen vorzunehmen, zu denen noch weitere, sich durch das Betriebsgeschehen ergebende Schaltfälle kommen (z.B. Leistungsreduzierung und Antennenumschaltung im Bedarfsfall, Senderumschaltungen zur Durchführung von Instandhaltungsarbeiten).

Bild 6. Die täglichen Schaltfälle während der Winterphase:



Da beide Antennen, sowohl der 265 m hohe Nordmast als auch der 12o m hohe Südmast simultanbetriebsfähig sind, d.h. mit beiden Betriebsfrequenzen gleichzeitig mit je 12o kW beschaltet werden können (der Nordmast wurde zur Ermöglichung der Umbauarbeiten anläßlich der Leistungserhöhung erst simultanbetriebsfähig gemacht, der Südmast war es schon vorher), ergeben sich weitere Schaltmöglichkeiten.

Ad 2. Die Senderhauptkontrolle (SHK)

Die Senderhauptkontrolle wurde in den letzten 1o Jahren mit einer Reihe neuer technischer Einrichtungen ausgestattet, um die Aufgabenstellung bewältigen zu können. Zu den wichtigsten Geräten zählen Antennen, Empfänger und Monitore zur HF-Überwachung der von den Sendern

Kahlenberg, Jauerling, Sonnwendstein, Hirschenstein und Heuberg

abgestrahlten Fernsehprogramme FS 1 und FS 2, weiters UKW-Überwachungsempfänger und vor allem die FKE (Fernkontrolleinrichtung) zur Fernsteuerung und -kontrolle der fünf oben angeführten Sender sowie weiterer 17 Sendeanlagen.

Das gesamte Sendernetz (Hörfunk und Fernsehen, ohne KW) umfaßt in Wien, Niederösterreich und im Burgenland derzeit (Stand 1.2.1978)

6o Sendeanlagen: 1 durchlaufend besetzte Anlage (Bisamberg)
2 teilbesetzte Anlagen (Kahlenberg u. Jauerling)
57 unbesetzte Anlagen

Diese6o Sendeanlagen umfassen folgende "Strahlende Einheiten":

2 MW-Sender
53 UKW-Sender und Umsetzer
120 FS-Sender und Umsetzer

Da einerseits die Anzahl der Sendeanlagen jährlich zunimmt und andererseits die Besetzungszeiten der teilbesetzten Anlagen Kahlenberg und Jauerling reduziert wurden, (Dienstende z.Zt 22.00 Uhr), kommt den Funktionen der SHK steigende Bedeutung, besonders in der abendlichen Hauptsendezeit, zu.

Die SHK-Aufgabe erfordert eine durchgehende Besetzung. Im Sinne einer personalsparenden Betriebsabwicklung ist von der SHK auch die Aufgabe gemäß Pkt.1 zu bewältigen. Diese beiden Aufgaben sollen im Einmanndienst (Turnusdienst) mit folgendem Schichtplan erfüllt werden:

Montag bis Sonntag	je o7.30 - 12.00, 12.30 - 19.00 Uhr	....77 Stunden
	19.00 - 01.00, 01.30 - 07.30 Uhr	....84 Stunden
		161 Stunden

Hiezu kommt noch Personal zur Durchführung der Instandhaltungs- und Instandsetzungsarbeiten der Sender, der SHK-Einrichtungen und insbesondere der umfangreichen Nebenbetriebe (z.B. Stromversorgung einschließlich Notstromaggregate, Kühlungsanlagen, Antennengelände).

Um die beschriebenen Aufgaben in der genannten Form durchführen zu können, waren bei der Planung folgende Forderungen zu berücksichtigen:

- Konzentration der Schaltungs- und Überwachungseinrichtungen für alle Einrichtungen der MW-Sendeanlage im SHK-Raum, um den Diensthabenden so wenig wie möglich zu veranlassen, in der Hauptsendezeit den SHK-Raum zu verlassen.
- Räumlich günstige Anordnung der Sendegeräte, um kurze Verbindungswege zu erzielen.
- Übersichtliche Darstellung aller Schaltungsmöglichkeiten in einem Schaubild, um die Möglichkeit von Fehlschaltungen zu reduzieren.
- Gegenseitige Verblockung der Sendegeräte und Schaltelemente in sinnvoller Weise, um bei Fehlern die Wahrscheinlichkeit von Schäden an Anlagenteilen zu vermindern.
- Teilweise Automatisierung der alten, aus dem Jahr 1959 stammenden 24o kW-Sender, um einfachste Bedienung, ähnlich der des neuen 6oo kW-Senders zu erreichen.
- Modernisierung der wichtigsten Nebenbetriebe (Pumpen, Trinkwasser, Preßluft, Klimaanlage) zur Reduzierung der täglich erforderlichen Bedienungsvorgänge.
- Verbesserung der Spannungsfestigkeit der Antennenanlagen, um bei atmosphärischen Entladungen (Gewitter) den Sendebetrieb mit voller Leistung aufrecht halten zu können.
- Schaffung von Reservebetriebseinrichtungen bzw.-schaltmöglichkeiten, um bei Schäden an Sendern oder Antennen den Sendebetrieb, wenn auch mit reduzierter Leistung, fortführen zu können. Diese Möglichkeiten sollen genützt werden können, ohne den SHK-Raum verlassen zu müssen.

Die weitere Beschreibung der einzelnen Anlagenteile der Sendeanlage Bisamberg, wie sie sich nach dem Umbau im Zuge der Leistungserhöhung darstellen, wird zeigen, inwieweit die gestellten Aufgaben bewältigt und die genannten Forderungen berücksichtigt werden konnten.

5. DIE SENDERTECHNISCHEN EINRICHTUNGEN

5.1 Die Sender

Ing.Josef EGGENHOFER, T 2-3

5.1.1 Der 600 kW - Sender

Bei der Erweiterung der Sendeanlage Bisamberg mit einem 6oo kW Sender waren Forderungen zu erfüllen, die nur durch optimale Zusammenarbeit sämtlicher beteiligter Stellen ermöglicht wurden. Als der Erweiterungsbeschluß feststand, erfolgte am 22.6.1973 eine Senderausschreibung an 25 Firmen in Europa, USA, Japan und UdSSR, die derartige MW-Großsender erzeugen. Außer den üblichen Forderungen an Sender dieser Größenordnung wurde eine Umstimmbarkeit auf zwei Betriebsfrequenzen und die prinzipielle Eignung für eine wirtschaftliche Umrüstung auf Einseitenbandbetrieb gefordert. Für viele Sendererzeuger war es aber die schwierigst zu erfüllende Forderung, ein Inbetriebnahme des Senders am 1.5.1975 zu garantieren. Eine Forderung, die für die zeitgerechte Präsenz zur Genfer-Mittelwellen-Konferenz als unabdingbar galt. (siehe auch TECHNIKUM Nr. 2/75: "Die Neuordnung der Mittelwelle" und "Erweiterung der MW-Großsendeanlage Bisamberg").

Die Anbotseröffnung erfolgte am 1o.8.1973. Aufgrund der gestellten Forderungen konnten nur 8 Firmen ein Anbot erstellen. Nach eingehender Prüfung, wobei Anschaffungspreis, Betriebskosten, angewandte Technik, Wirkungsgrad, Platzbedarf und Inbetriebnahmetermin beurteilt wurden, erfolgte die Vergabe des Auftrages an die Österr. Brown-Boveri-AG, die den Sender unter der Federführung der BBC (Baden b.Zürich/ Schweiz) im Werk Wiener-Neudorf baute. Außer den volkswirtschaftlichen Vroteilen brachte dies auch die Möglichkeit, den Fertigungsablauf jederzeit zu kontrollieren. Auftretende Schwierigkeiten konnten so immer auf kürzestem Wege überwunden werden.

Parallel hiezu erfolgten die Detailplanungsarbeiten für den Einbau des Senders mit seinen Kühleinrichtungen in das bestehende Sendergebäude. Schließlich wurde nach einem betrieblich-wirtschaftlichen Kompromiß der Sender ebenerdig in die ehemalige Maschinenhalle der Sendeanlage eingebaut. Um gegebenenfalls auch die Unterbringung eines zweiten Senders zwecks Leistungsverdoppelung zu ermöglichen, wurde schließlich auch die bestehende Dieselwerkstätte umgesiedelt und so gelang es, nicht zuletzt durch den geringen Platzbedarf und durch die günstige Bauform des neuen Senders, diesen unter Inanspruchnahme nur der halben Maschinenhalle gut zugänglich unterzubringen. So konnte unter großen Anstrengungen aller Beteiligten, vor allem aber der Lieferfirma, der Sender tatsächlich am 1.5.1975 seinen Betrieb aufnehmen. Gewisse Fertigstellungsarbeiten wurden noch in den folgenden Monaten während der Betriebspausen durchgeführt.
Ab Senderausschreibung waren bis zu diesem Zeitpunkt 22 Monate, ab Bestellung 18 Monate vergangen, für einen neu zu konzipierenden 6oo kW-MW-Sender wirklich eine Leistung, die ihresgleichen sucht.

Bevor auf die Besonderheiten dieses Senders eingegangen wird, soll seine prinzipielle Funktion anhand des Blockschaltbildes (Bild 7) erläutert werden.

Die Senderfrequenz wird entweder von dem eingebauten hochkonstanten Steuerquarz erzeugt oder extern von einem Atomnormal abgeleitet. Diese Frequenzquelle steuert einen transistorisierten Breitbandverstärker mit einer Ausgangsleistung von 5o Watt an, welcher die nötige Leistung (mit genügend Reserve) zur Ansteuerung der Treiberröhre CQS15 aufbringt.

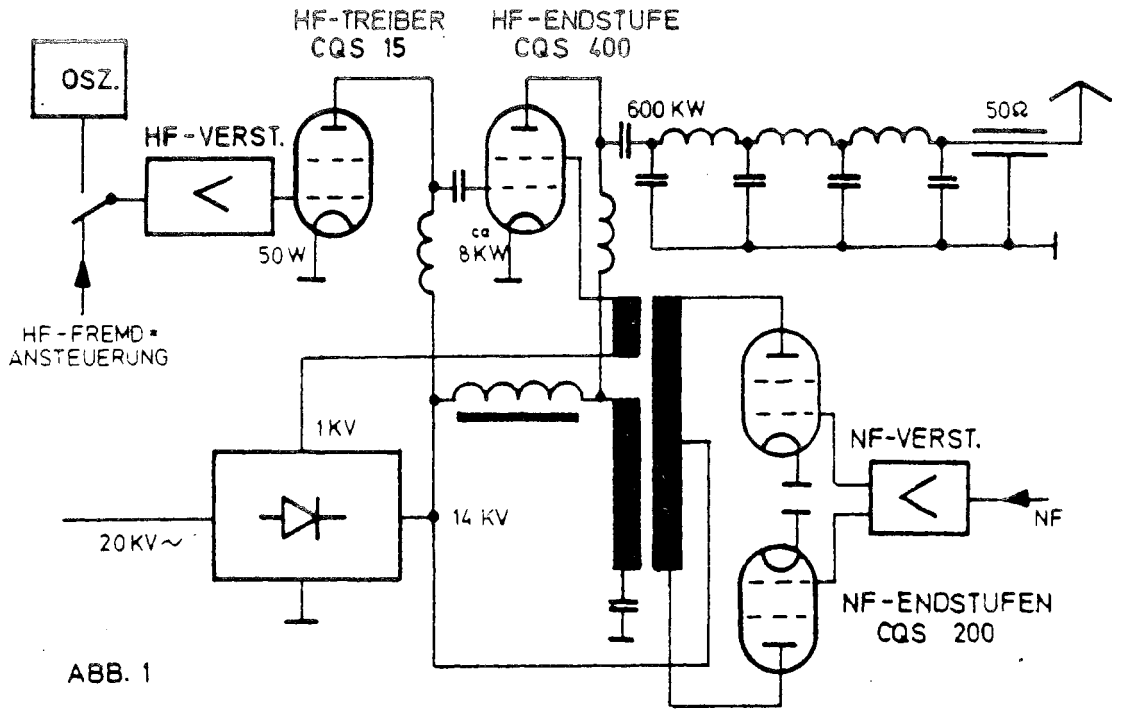
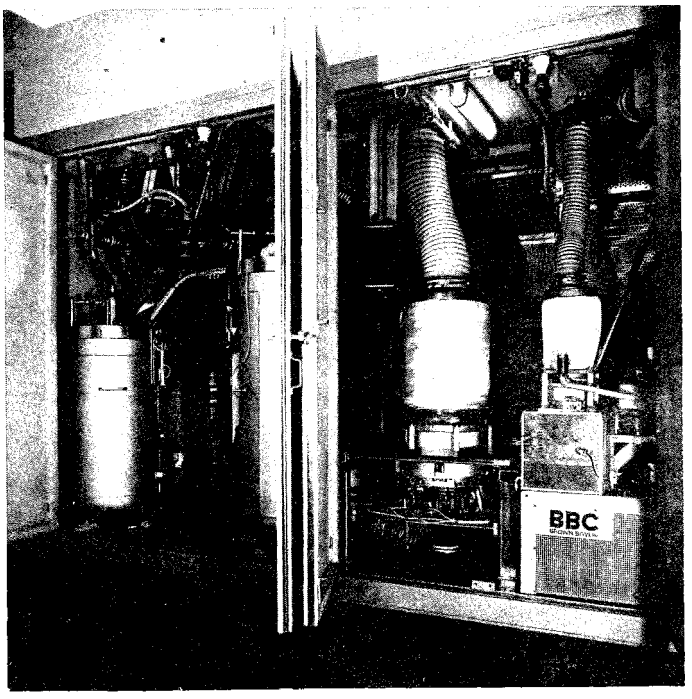


Bild 7 - Blockschaltbild des Senders

Diese Treiberröhre steuert über ein Anpassungsglied direkt die Hochfrequenzendstufe CQS4oo (Keramiktetrode). Die drei darauffolgenden π-Glieder dienen zur Anpassung der Röhre an den Außenwiderstand (5o Ohm) und zur Oberwellensiebung (Abb.8). Der Sender arbeitet mit Anodenmodulation der Hochfrequenzendstufe, wobei das Schirmgitter mitmoduliert wird. Die Aufbereitung der hierfür erforderlichen Niederfrequenzleistung von ca. 4oo kW erfolgt über einen transistorisierten Verstärker, welcher die beiden im Gegentakt arbeitenden Keramiktetroden CQS2oo (NF-Endstufen) praktisch leistungslos steuert. Der 6oo kW-Sender arbeitet also mit insgesamt nur 4 Röhren !



Dies ist zweifellos nur auf die ausschließliche Verwendung von Tetroden zurückzuführen. Dieser Röhrentyp, in der Funktion ähnlich einer Pentode, ist beim heutigen Elektroniker schon fast in Vergessenheit geraten. Bei Hochfrequenz-Höchstleistungsstufen war man aber gezwungen, bei Verwendung von Trioden mit wesentlich höherer erforderlicher Steuerleistung zu arbeiten, was zwangsläufig zu mehreren Röhrenstufen führte.

Bild 8
Die HF-Stufe des Senders:
Ganz rechts der Breitbandverstärker und die Treiberröhre CQS 15, daneben die Hochfrequenzendstufe CQS 400. Im linken Teil sind die π-Glieder untergebracht: unten die Kondensatoren und oben die Spulen.

Durch besondere Erkenntnisse in der Röhrentechnologie, vor allem aber auch in der Röhrenkühlung, gelang es der Fa. BBC, eine Tetrode mit 4oo kW Anodenverlustleistung zu bauen, die den Schlüssel für diesen 4-Röhrensender darstellte.

Zur Verbesserung des Wirkungsgrades der HF-Endstufe wurde der sogenannte 3-H-Betrieb angewendet. Er basiert auf dem Umstand, daß die Röhre die geringste Verlustleistung aufnimmt, wenn sie als Schalter arbeitet, d.h., wenn sie im hochfrequenten Rythmus aus-und einschaltet, so daß an der Röhre nur Spannung liegt, wenn sie keinen Strom führt oder nur Strom führt, wenn keine Spannung an ihr abfällt. Dieser Idealzustand ist natürlich nicht tatsächlich, sondern nur annähernd erreichbar. Strommäßig erfolgt dies schon immer bei Leistungsstufen, die im C-Betrieb arbeiten und bei Stromfluß völlig durchgesteuert werden. Da aber selbst bei vollem Strom die Anodenspannung durch den Anodenkreis nur sinusförmig absinkt, liegt während dieser Halbperiode beachtliche Anodenspannung (und damit Anodenverlustleistung) an der Röhre. Der 3-H-Betrieb trachtet nun, durch leistungslose Ausbildung der 3.Harmonischen in entsprechender Phasenlage den Spannungsverlauf an der Röhre mehr einem Rechteckverlauf anzunähern, d.h., in der Stromhalbperiode ein wesentlich rascheres Absinken der Anodenspannung zu erwirken und damit auch die Verlustleistung zu verringern. Diese Ersparnis wirkt sich nicht nur in einer verringerten aufgenommenen Gleichstromleistung aus, sondern senkt auch den Modulationsleistungsbedarf, der ja durch die hohen Linearitätsansprüche nur im B-Betrieb mit dem entsprechend kleinen Wirkungsgrad aufgebracht werden kann. Dadurch kann der Gesamtwirkungsgrad wesentlich verbessert werden. Bei der Abnahme wurden je nach Modulationsgrad Werte zwischen 64 und 74 % gemessen.

Bei diesem Mittelwellen-Hochleistungssender wurde erstmals die Möglichkeit eines raschen Frequenzwechsels realisiert, um mit dem leistungsstärksten Sender der Anlage den optimalsten Hörerversorgungsgrad in Abhängigkeit von den unterschiedlichen Wellenausbreitungsbedingungen bei Tag und Nacht zu erzielen.

Diese Frequenzumstimmung erfolgt durch Umschalten von Spulen und kondensatorgruppen mittels Vakuumschalter, wie dies bei Kurzwellensendern üblich ist. Erschwerend dabei ist der vorher erwähnte 3-H-Betrieb, da deswegen auf kleinstem Raum eine Anzahl von Spulen und Kondensatoren zusätzlich umgeschaltet werden muß.

Aus Zuverlässigkeitsgründen wurde bei der Hochspannungsversorgung Quecksilberdampfgleichrichtern der Vorzug vor Thyristoren gegeben (Bild 9).

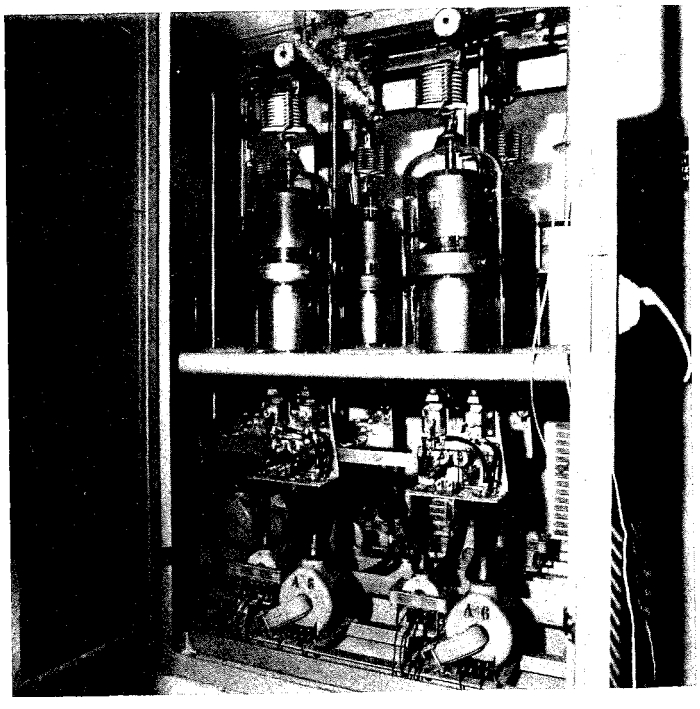


Bild 9

Blick auf die Quechsilberdampfgleichrichter der Hochspannungsversorgung.

Umfangreiche Schutzschaltungen schützen die empfindlichen Teile des Senders vor Schaden bei Verstimmung der Antenne oder bei internen oder externen Überschlägen. Vorteilhaft ist besonders eine Einrichtung, mit der sich der Sender bei zu großer Antennenverstimmung (z.B. Vereisung) nach erfolglosen Einschaltversuchen automatisch auf geringere Leistung umschaltet, bei der eine größere Verstimmung zulässig ist. Ebenso interessant wie der elektrische Aufbau ist die mechanische Bauform. Sowohl die HF- als auch die NF-Aufbereitung inklusive aller Abstimmmittel sind in einem Container mit den Maßen:Höhe 2,43 m, Tiefe 2,43 m und einer Breite von 6,95 m untergebracht (Abb.10).

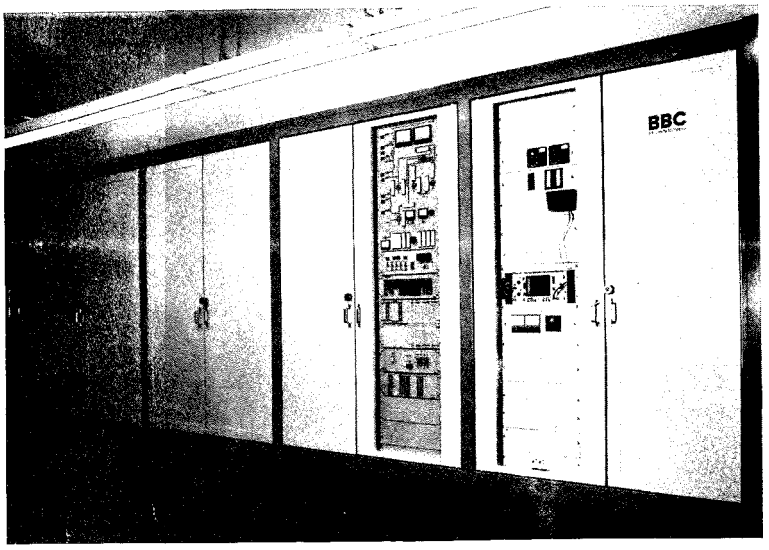


Bild 10 - Frontansicht des Senders bei geschlossenen Türen

Die voluminösen Hochspannungs- und Modulationsmittel sind in einem separaten Raum hinter dem Sender untergebracht. (Abb.11) . Der große Vorteil dieser Bauweise ist, daß alle komplizierten Bauteile mit hohem Montageaufwand im Werk fertiggestellt, geprüft und voreingestellt und ohne Veränderung als gesamte Einheit transportiert werden können. Außerdem bleibt bei dieser Bauweise die Zugänglichkeit trotz raumsparendem Aufbau recht gut erhalten. Die Zeitersparnis bei der Senderaufstellung ist dementsprechend groß. Sie hat wesentlich zu der kurzen Bauzeit beigetragen.

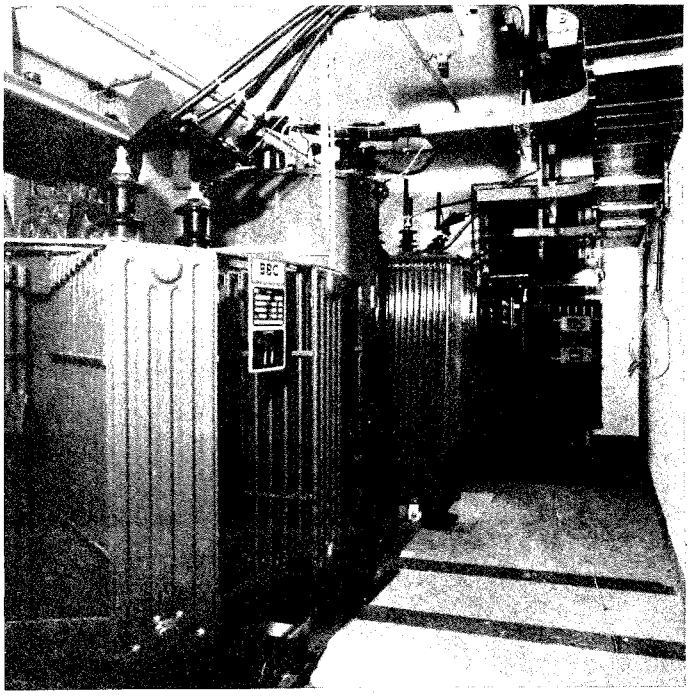


Bild 11 - Der Raum mit den Hochspannungs- und Modulationsmitteln.
Im Vordergrund sind Modulationstrafo, Modulationsdrossel und Netzdrossel, im Hintergrund der Hochspannungstrafo zu erkennen.

Die Kühlung des Senders erfolgt auf mehrfache Weise:

1. Die Verlustleistung der siedegekühlten Röhren wird durch Dampf abgeführt, und zwar im Winter über einen Dampf-Wasser-Wärmetauscher, welcher die Ausnützung dieser abgeführten Wärme für Heizungszwecke ermöglicht und im Sommer, wenn kein Wärmebedarf im Sendergebäude vorhanden ist, über Dampf-Luftwärmetauscher, die im Freien aufgestellt sind.

2. Eine Luftkühlung sorgt mit einem Hochdruckkreis für die Kühlung der elektrischen Verbindungen an Spulen und Röhrensockeln und verhindert mit einem Niederdruckkreis das Entstehen von Wärmestauungen im Container. Alle Senderabluft wird nach dem Einschalten zum raschen Aufheizen des Senders auf Betriebstemperatur genützt; wenn diese erreicht ist, wird

gefilterte Frischluft beigemischt und die überschüssige Luft über Dach abgeführt. Auf diese Weise hat der Sender Sommer und Winter annähernd gleiche Betriebstemperatur. Die gefilterte Frischluft wird dabei über den Hochspannungsraum angesaugt und sorgt damit auch für eine angemessene Kühlung desselben.

3. In den Spulen der Leistungsstufe ist die dort konzentrierte Verlustleistung doch schon so groß, daß eine Wärmeabfuhr erforderlich ist. (Abb.12). Dies geschieht über einen geschlossenen Wasserkreislauf, der durch die Spulen fließt und die Wärme über einen Rückkühler an das Luftkühlsystem abgibt.

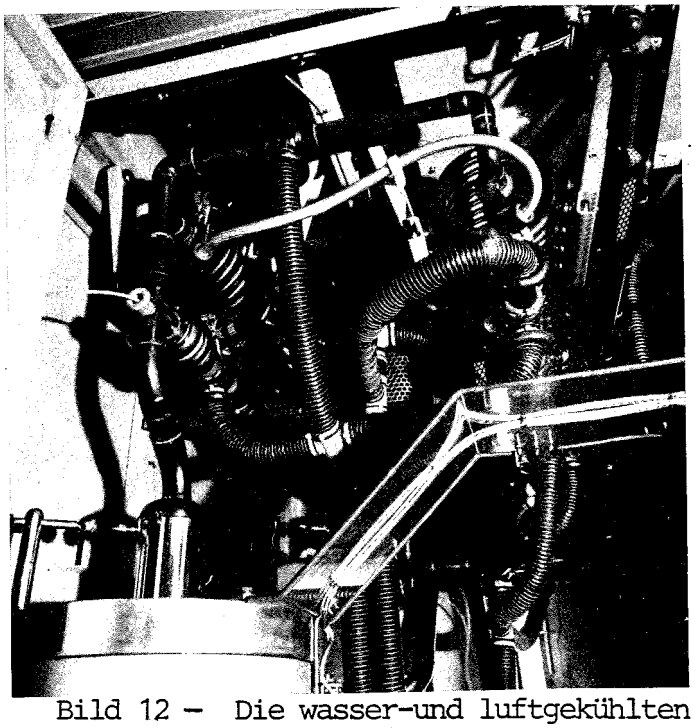


Bild 12 – Die wasser-und luftgekühlten Anpassungsglieder (π-Glieder) zwischen Endröhre und Antennenleitung (die Drosseln sind wasserdurchflossen).

Der Sender ist im Prinzip für vollautomatischen Betrieb ausgelegt. Er kann von ferne vorgeheizt, ein- und ausgeschaltet und auf eine der beiden Betriebsfrequenzen umgeschaltet werden. Zahlreiche Schutz-und Überwachungseinrichtungen schützen den Sender vor Schäden bei allen denkbaren Störeinflüssen. Alle diese Schalt-und Signalisiermaßnahmen werden von einer 5 V -TTL Logik, die dank sorgfältiger HF-Filterung auch in einem 600 kW-Sender klaglos funktioniert, organisiert. In einem "Mimikdiagramm" an der Senderfront (siehe Bild 10, Mitte) werden die wichtigsten Signalisierungen und Meßwerte in einem Funktionsschaltbild dargestellt und erlauben somit einen raschen Überblick im Betriebs- und Störungsfall.

Zur Sicherheit des Bedienungspersonals wird in Erfüllung der ÖVE-F 45 und in Anlehnung an die IEC 215 Vorsorge getroffen, daß alle hochspannungsführenden Stellen verschlossen sind und nur geöffnet werden können, wenn der Sender vorher ausgeschaltet und die Hochspannungsleitungen und Siebkondensatoren geerdet worden sind.

Umgekehrt kann der Sender nur eingeschaltet werden, wenn alle Türen verschlossen sind und die Erdungen wieder beseitigt wurden. Dies ist in der weitläufigen Anlage sinnvoll nur durch ein Schlüsselsystem zu realisieren. Darüber hinaus sind noch Erdungsstangen vorgesehen, mittels derer bei Arbeiten am Sender eine zusätzliche Erdung am Arbeitsort möglich ist.

5.1.2 Die beiden 24o kW-Sender

Bis zur Inbetriebnahme des 6oo kW-Senders im Jahre 1975 wurde der gesamte Betrieb allein mit diesem 24o kW-Sender abgewickelt. Jeder dieser seit 1959 in Betrieb befindlichen BBC-Sender besteht aus zwei 12o kW-Sendern in aktiver Reserve. Das bedeutet, daß bei Ausfall eines Teilsenders der Betrieb mit 12o kW durch den verbleibenden Teilsender weitergeführt werden kann. Die dazu erforderlichen HF-Umschaltungen, sowie die Parallelschaltung beider Teilsender für den normalen 24o kW-Betrieb erfolgten in einer dem betreffenden Senderpaar zugeordneten Parallelschalteinrichtung. Jedes dieser beiden Senderpaare ist fix auf eine der beiden verwendeten Frequenzen (584, bzw. 1475 kHz) abgestimmt.

Kurzdaten eines Einzelsenders:

Trägerwellenleistung: 12o kW, in 3o sec reduzierbar auf 6o kW
Frequenzbereich: 52o - 1 61o kHz, durchstimmbar
HF-Aussteuerung des Senders ist auf 3 verschiedene Arten möglich:

a) durch Atomnormal (normaler Betriebsfall, Langzeit-Frequenzkonstanz 1×10^{-10})
b) mittels Quarzstufe (Frequenzkonstanz 1×10^{-6} pro 24 Stunden)
c) mittels eines variablen Oszillators (Frequenzkonstanz 2×10^{-5} pro 24 Stunden)

Notwendige Sendereingangsspannung für m =1 (1oo%) ist o,775 V bei 6oo Ω= 1mW
Modulationsart: Anodenmodulation mit siedegekühlten Trioden-Endstufen.
Anodenspannung: 12,5 kV

Abbildung 13 zeigt in prinzipieller Darstellung den schaltungsmäßigen Aufbau eines Doppelsenders mit zugehörigem Parallelschaltgerät. Mit Hilfe der Phasensteuerstufe H2 ist es möglich, die für den Parallelbetrieb der Sender notwendige Voraussetzung gleicher Phasenlage der Ausgangsspannungen herzustellen. Die Hochfrequenz-Endstufe H7(Bild 14)besteht aus drei parallelgeschalteten Trioden, die eine HF-Ausgangsleistung von 12o kW bei Trägerbetrieb abgegeben. Der Ausgangskreis des Senders wird durch einen kapazitiv abgestimmten Anodenschwingkreis und ein dreizelliges TT-Glied gebildet, dessen Querkapazitäten kontinuierlich und dessen Längsinduktivitäten durch Anzapfungen in Stufen regelbar sind (Bild 15).Der gesamte HF-Verstärkerzug ist unsymmetrisch aufgebaut, die einzelnen Stufen werden zur Erzielung eines guten Wirkungsgrades mit sehr hohen negativen Gittervorspannungen und hohen Stromaussteuerungen betrieben (Class-C-Betrieb).

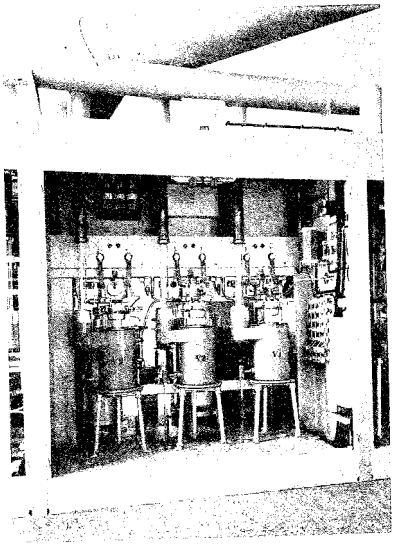


Bild 14: Die Hochfrequenz-Endstufe, Rückansicht

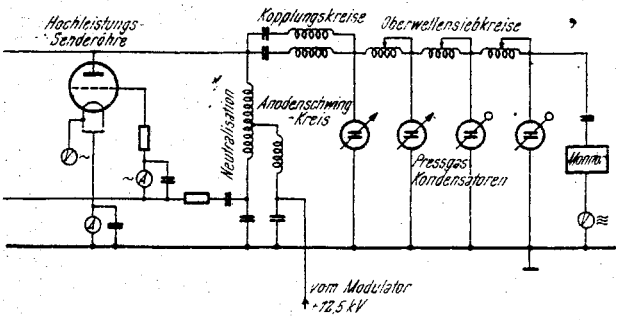


Bild 15

Der HF-Ausgangskreis des Senders

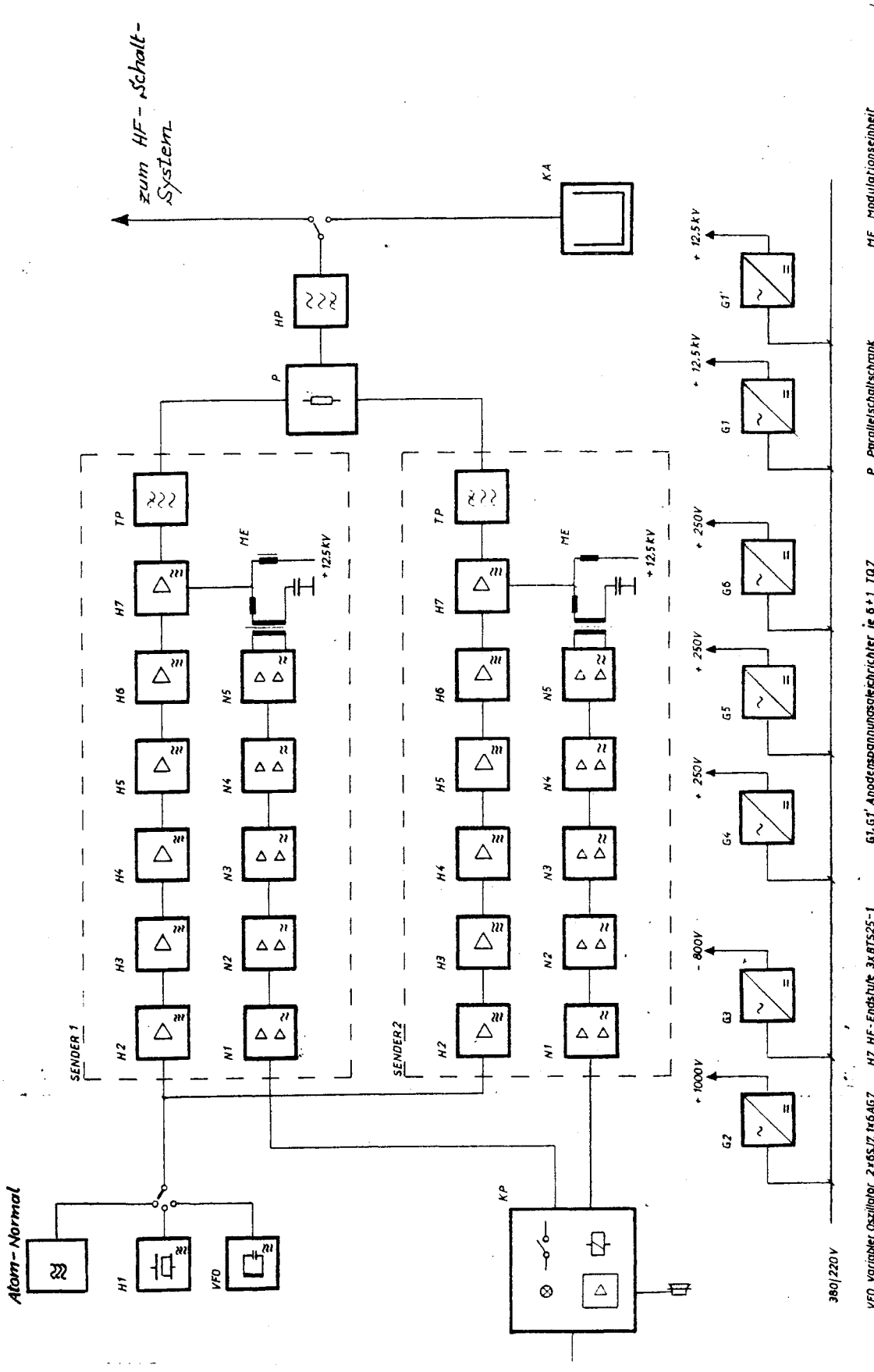


Bild 13.
Blockschaltbild eines Doppelsenders

Die angwandte Anodenmodulationsart gestattet es, sowohl die HF- als auch die NF-Endstufe in einer äußerst leistungssparenden Betriebsart bei hohem Sender-Gesamtwirkungsgrad zu betreiben.

Die Gleichspannungsversorgung der NF-Endstufe sowie der NF-Treiber und Endstufe werden von einem mit sechs Glühkathoden-Gleichrichterröhren bestückten Hochspannungs-Gleichrichter durchgeführt. Die Anodenspannung der Endstufe beträgt dabei 12.5 kV, jene

der HF-Treiberstufe 6,25 kV. Mittels einer Gittersteuerung der Gleichrichterröhren durch Zündimpulse, die in ihrer Phasenlage relativ zur Phase der angelegten Anodenspannung verschoben werden können, ist es möglich, eine kontinuierliche Regelung der abgegebenen Gleichspannung von 0 bis zum Sollwert durchzuführen.

Diese praktisch leistungslose Regelung der abgegebenen Gleichspannung ermöglicht es:

1. durch Einbau einer Kompensationseinrichtung die abgegebene Gleichspannung unabhängig von den raschen Lastschwankungen des Modulators, innerhalb o,15 s so auszuregeln, daß ein Trägerabfall weitestgehend vermieden werden kann.

2. bei gleichstromseitigen Kurzschlüssen, die z. B. durch Überschläge in den Senderöhren bewirkt werden können, eine Schnellabschaltung der Gleichspannung mit nachfolgender automatischer Wiedereinschaltung durchzuführen,

3. während Abstimmvorgängen am Sender mit reduzierter Anodenspannung zu arbeiten.

Zur Erreichung optimaler Arbeitsbedingungen der Gleichrichterröhren, wird die Temperatur des Gleichrichterschrankes mittels Thermostaten, Heizungs-und Ventilationseinrichtungen konstant gehalten.

Das gleichzeitige Hochfahren der beiden 12o kW-Teilsender im Parallelbetrieb erfolgt nunmehr automatisch.

Abbildung 16 zeigt eine Ansicht des Senderaumes, in dem die beiden Doppelsender und die zugehörigen Überwachungspulte untergebracht sind. Zwischen den beiden Sendern ist im Hintergrund das zentrale Meß- und Überwachungsgestell zu erkennen.

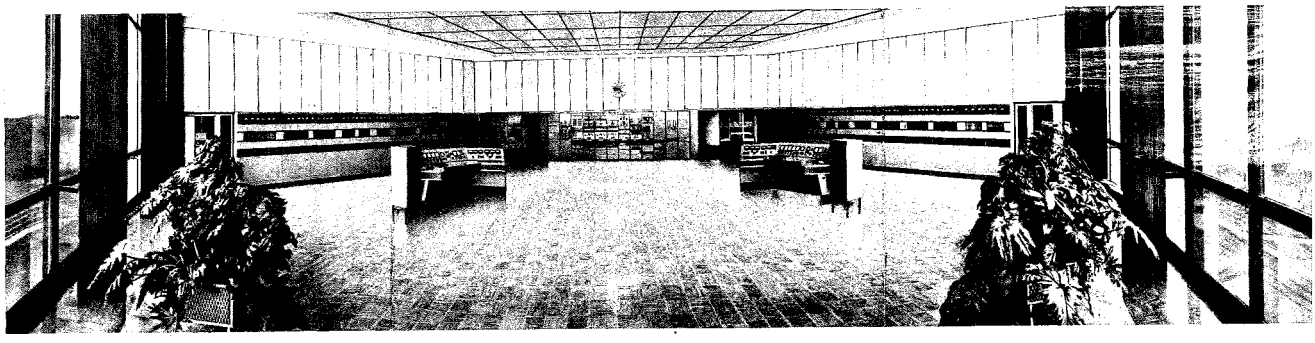


Bild 16 - Panoramaaufnahme des Senderaumes

Der 6oo kW-Sender wurde ein Stockwerk tiefer, in der sogenannten "Maschinenhalle" aufgestellt(siehe Lageplan, Bild 17).

5.1.3 Die Sender-Kühlung

Für die Abfuhr der Anodenverlustleistung verwendete man früher Wasser- oder Luftkühlungsanlagen. Entsprechend der spezifischen Wärme und der Wärmeübergangszahlen dieser Kühlmedien mußten große Mengen von Wasser oder Luft für die Abfuhr der hohen Verlustleistung in Umlauf gebracht werden, wodurch starke Pumpen oder Ventilatoren bedingt waren.

Für die Abfuhr einer Anodenverlustleistung von 1 kW mußte bei wassergekühlten Sendern mit einer Durchflußmenge von 1 l/min, bei luftgekühlten Sendern von

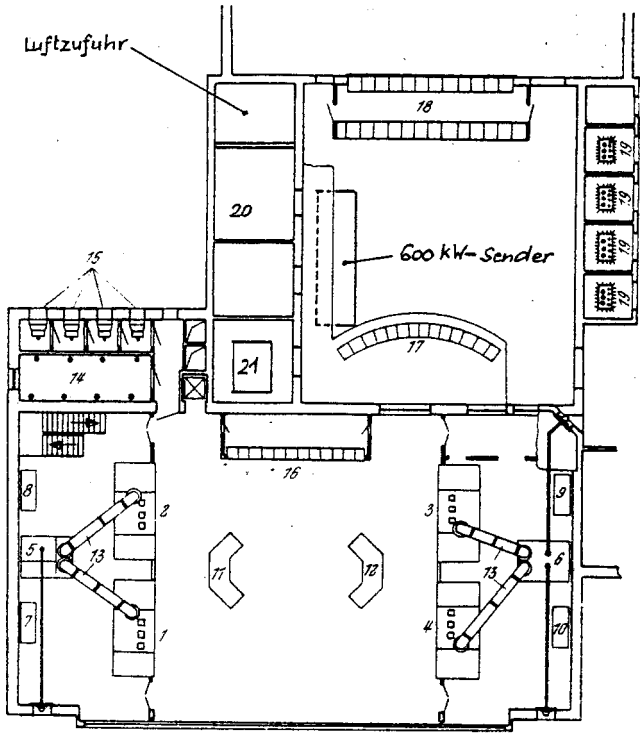


Bild 17

Großsendeanlage Bisamberg - Aufstellungsplan

1, 2	Doppelsender A (240 kW)
3, 4	Doppelsender B (240 kW)
5	Parallelschaltgerät für Doppelsender A
6	Parallelschaltgerät für Doppelsender B
7...10	Hochspannungsgleichrichter
11, 12	Überwachungspulte
13	HF-Energieleitung
14	Rückkühlzentrale
15	Luftkühler
16	Sender-Meß- und -Überwachungsgestell
17	Schaltwarte für Energieversorgung
18	Niederspannungshauptverteilung
19	Transformatorstation
20	Siebmittel-Raum
21	Hochspannungs-Gleichrichter

1 m^3/min an den entsprechend ausgebildeten Röhrenkühlern gerechnet werden. Eine Verwertung der anfallenden Verlustleistungen war mit gutem Wirkungsgrad in beiden Fällen nicht möglich.

Um auch von der kühlungstechnischen Seite her den an die Sendeanlage gestellten Forderungen nach maximaler Betriebssicherheit und größtmöglichem Wirkungsgrad weitestgehend zu entsprechen, wurde bei der Sendeanlage Bisamberg das "Siedekühlverfahren" für die Kühlung der Hochleistungsröhren in Anwendung gebracht.

Die Funktionsweise des Siedekühlsystems ist folgendes: Wie aus Abb.18 zu ersehen ist, sitzt die Röhre in einem Kühltopf, der bis zu einer Pegelmarke mit destilliertem Wasser gefüllt ist. Die Dichtung des Kühltopfes liegt nur unter dem Druck des Eigengewichtes der Röhre. Die Höhe des Pegels wird durch einen Pegelkonstanthalter bestimmt und geregelt. Wird an der Anode der Senderöhre Verlustleistung frei, so wird die Anodenfläche erhitzt und Dampfbildung eingeleitet. Der Dampf wird über Dampfsammelröhren einem Wärmeaustauscher und einem in Serie geschalteten Konvektor zugeleitet, in denen die Kondensation erfolgt. Über eine entsprechende Kondensatleitung wird das Kondensat im geschlossenen Kreislauf wieder den Röhrenkühltöpfen zugeleitet. Da die Senderöhren an einem Potential bis zu 5o kV gegen Erde liegen, muß die Kondensatzuleitung wie die Dampfableitung über entsprechende Isolierstrecken durchgeführt werden.

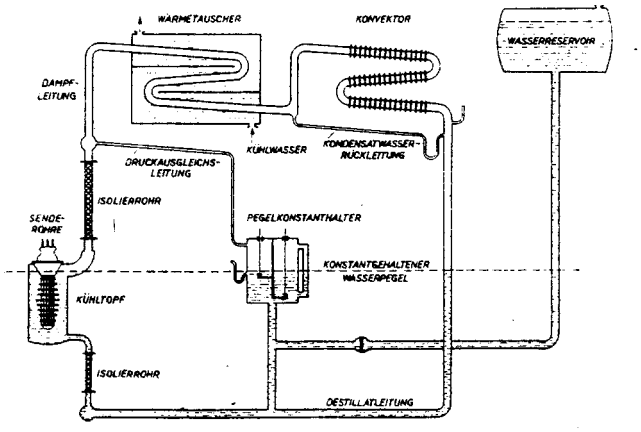


Bild 18 - Kühlkreislauf

Durch die Ausnützung der Verdampfungswärme von 54o kcal pro Liter Wasser kommt man mit besonders kleinen Wassermengen, etwa mit 1/4o, gegenüber der bisher angewendeten Wasserkühlung aus. Von besonderem Vorteil ist die selbsttätige und elastische Anpassung des Kühlmittelumlaufes an die jeweilige Anodenverlust-

leistung, ohne daß hierfür Pumpen oder andere bewegte Teile aufgeboten werden müssen. Da durch den ständigen Verdampfungsvorgang eine dauernde Destillation des Kühlwassers durchgeführt wird, bleiben die Röhrenanoden weitestgehend von Ablagerungen frei. Das bei wassergekühlten Senderöhren früher notwendige Abbeizen der Anode in bestimmten Zeitabständen, kann daher hier entfallen. Da der ganze Kühlkreislauf mit der freien Atmosphäre an mehreren Punkten in Verbindung steht, können die sonst bei Dampfanlagen üblichen Sicherheitsvorkehrungen weitestgehend entfallen. Die ganze Überwachung beschränkt sich lediglich auf die Kontrolle des richtigen Pegels in den Röhrenkühltöpfen. Da im Sekundärkreislauf des Wärmetauschers Wasser mit einer Temperatur von etwa 8o-9o° C entnommen werden kann, eignet sich dieses ausgezeichnet für die weitere Verwertung in der Heizungsanlage.

5.2 DIE SENDERSCHALT- UND ÜBERWACHUNGSEINRICHTUNGEN

Ing. Othmar FRISCHHERZ, T2-3

Im Gegensatz zu den beiden fix abgestimmten 24o kW-Sendern kann der neue 6oo kW-Sender die Betriebsfrequenz zwischen 584 kHz und 1475 kHz innerhalb von ca. 2 min wechseln.

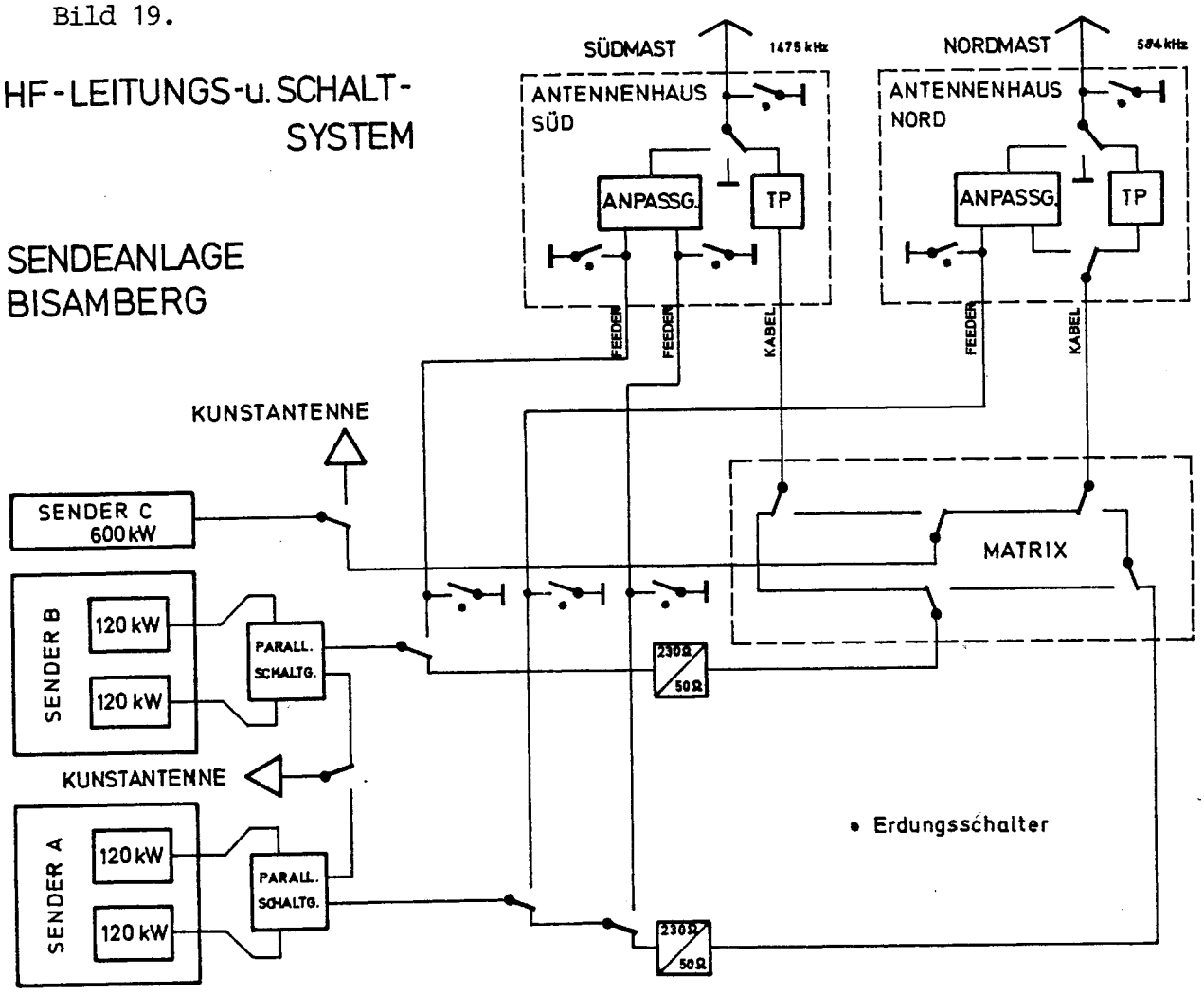
Da jedoch auch weiterhin die gleichzeitige Abstrahlung beider Frequenzen vorgesehen war, wurde ein Betriebskonzept ausgearbeitet, welches unter Einbeziehung der älteren 24o kW-Sender einen Zweifrequenzbetrieb mit optimalem Versorgungseffekt sicherstellen sollte. Dieses Konzept sieht den Betrieb des 6oo kW-Senders mit 584 kHz während des Tages und mit 1475 kHz während der Abend-und Nachtstunden vor. Der jeweils gleichfrequente 24o kW-Sender steht im Störungsfall als Reservesender zur Verfügung. Über den anderen 24o kW-Sender kann das Programm gleichzeitig auf der anderen Frequenz abgestrahlt werden (Nachtbetrieb auf 584 kHz).

Aus diesen und diversen anderen betrieblichen Erfordernissen resultierte das HF-Leitungs- und Schaltsystem, welches in Abb.19 dargestellt ist. Die HF-technische Planung und Realisierung des HF-Leitungssystems lag in den Händen von T 4 und wird unter Punkt 6. beschrieben.

Entsprechend den mehrfachen Anspeisemöglichkeiten der beiden Sendeantennen durch die fünf Sender gibt es 16 sinnvolle Betriebsschaltungen, nicht eingerechnet jene Schaltungen, in denen der Sender im Testbetrieb auf die Kunstantennen arbeitet. Im Normalfall sind davon zwei oder drei Fälle von besonderer Bedeutung, zwischen denen mehrmals täglich gewechselt wird.

Für diese Betriebsaufgaben steht kein eigenes Personal zur Verfügung. Sie müssen praktisch nebenbei von den jeweils Diensthabenden der Senderhauptkontrolle (SHK) abgewickelt werden. Um dies zu ermöglichen, war es erforderlich, praktisch alle relevanten Schaltmöglichkeiten vom SHK-Raum aus fernsteuerbar zu machen. Diese Forderung wird leicht verständlich, wenn man bedenkt, daß bei einem Wechsel des Betriebsfalles Schaltmaßnahmen an mehreren Einrichtungen vorgenommen werden müssen, die in verschiedenen Geschossen und Trakten des weitläufigen Gebäudes angeordnet sind. In einzelnen Betriebsfällen sind sogar Schaltmaßnahmen in den Antennenhäusern erforderlich, die einige hundert Meter vom Sendergebäude entfernt sind.

Bild 19.



Zur Steuerung und Überwachung dieser HF-Leitungszüge wurde im Raum der Senderhauptkontrolle eine entsprechende Leuchtschalttafel errichet (Abb.20) Von dieser Schalttafel aus können sämtliche HF-Schalter wie bei einem Gleisstellwerk ferngesteuert werden. Die Stellungsrückmeldungen der HF-Schalter lassen dann nach Abschluß des Schaltvorganges die jeweils durchgeschalteten Wege von den Sendern zu den Antennen aufleuchten. Die für das Umlegen der motor-oder preßluftgetriebenen HF-Schalter benötigte Zeit beträgt dabei nur wenige Sekunden.

Besonderes Augenmerk mußte in diesem Zusammenhang den Senderblockierungseinrichtungen gewidmet werden. Diese sorgen zunächst dafür, daß ein Sender erst dann Leistung abgeben kann, wenn sein HF-Ausgang über das HF-Leitungssystem richtig an eine entsprechende Antenne durchgeschaltet ist. Weiters muß sichergestellt sein, daß sämtliche HF-Schalter zur Vermeidung von Lichtbögen einen Umschaltbefehl erst akzeptieren, wenn die Leistungsabgabe aller Sender blokkiert ist. Dabei mußte berücksichtigt werden, daß über die HF-Feldverkoppelung zwischen den beiden Masten und Feederleitungen auch solche Schalter und Leitungszüge lichtbogenbildendeSpannungen führen können, die in dem betreffenden Betriebsfall unbeschaltet sind, d.h. gar nicht von einem Senderausgang angespeist werden. Darüber hinaus waren noch diverse Alarm-Kriterien zu berücksichtigen, wie z.B. Druckabfall der stickstoffgefüllten HF-Kabel und Kühlung der Kunstantennen. Bedingt durch die hohen HF-Störfeldstärken an der Senderanlage wurde diese zentrale Blockierungseinrichtung in Relaistechnik aufgebaut.

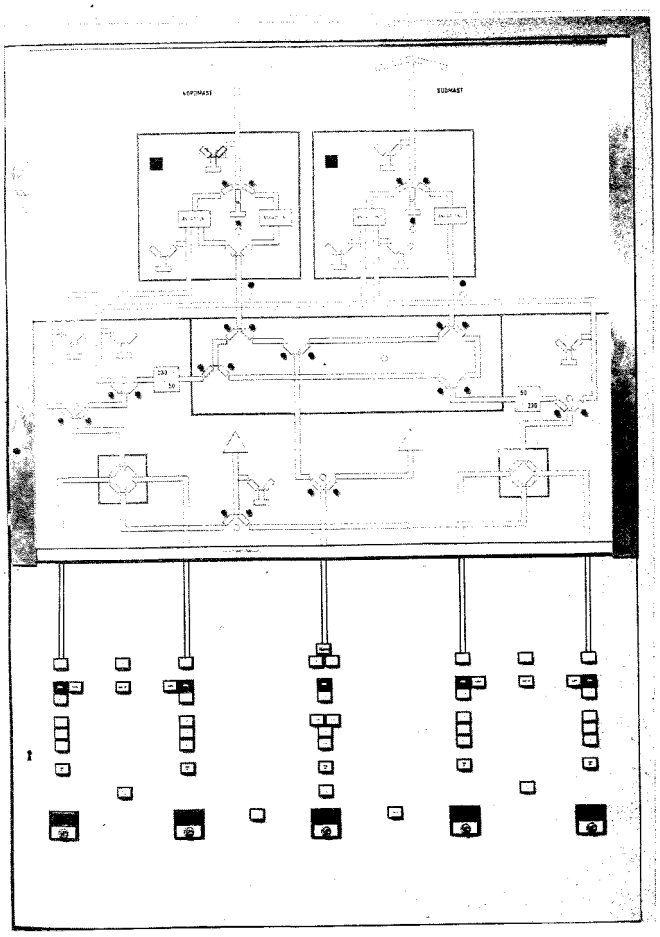


Bild 2a Die der Steuerung und Überwachung dienende Leuchtschalttafel in der Senderhauptkontrolle

Um den Einfluß von HF-Störungsspannungen an den Steuerleitungen zu reduzieren (bis zu einigen -zig Volt) und um die Spannungsabfälle an den langen Steuerleitungen gering zu halten, werden viele Informationen mit Netzspannung übertragen. Für die Verknüpfung dieser vielfach verzweigten Blockkreise waren über 12o Relais erforderlich. Die Komplexität dieses Systems ließ es im Hinblick auf die geforderte Betriebssicherheit sogar als sinnvoll erscheinen, zusätzlich eine vereinfachte übergeordnete Blockierung vorzusehen, die im Falle einer Störung in den Blockkreisen gewissermaßen als Fangnetz fungiert.

Zur weiteren Unterstützung des SHK-Personals war es auch erforderlich, die Steuerung und Überwachung der Sender selbst vom SHK-Raum aus zu ermöglichen. Zu diesem Zweck wurde unter dem Leuchtschaltbild ein entsprechendes Bedienungs- und Tastenfeld angeordnet. An diesem sind die Anzeigen aller relevanten Betriebszustände sowie die erforderlichen Steuerelemente vorgesehen. Der neue 6oo kW-Sender war bereits typenmäßig für eine entsprechende Fernbedienung konzipiert. Dadurch waren lediglich geringfügige Adaptierungen zur Realisierung einiger spezieller Betriebsforderungen vorzunehmen.

Unter anderem kann an dem 6oo kW-Sender auch der automatische Frequenzwechsel ferngesteuert werden. Dieser Vorgang benötigt etwa zwei Minuten.

Die Fernsteuerung der alten 24o kW-Sender stellte in diesem Zusammenhang ein wesentlich größeres Problem dar. Die 1959 in Betrieb genommenen Sender waren für reinen Handbetrieb konzipiert. Das stufenweise Hochschalten eines Senderpaares konnte nur durch einen Sendertechniker unter Beachtung einer Reihe von rückgemeldeten Kriterien erfolgen. Um dieses Hochschalten der Sender zu automatisieren und einschließlich der Rückschaltung auf 12o kW-Betrieb fernsteuerbar zu machen, waren ebenfalls eine Reihe umfangreicher Automatisierungsmaßnahmen erforderlich.

Auf Grund von Erfahrungen, die während des nun schon mehr als zwei Jahre dauernden Betriebes mit den beschriebenen Einrichtungen gesammelt werden konnten, erwiesen sich noch einzelne Erweiterungen des Systems als sinnvoll. Diese Arbeiten wurden erst im Februar 1978 endgültig abgeschlossen. Es kann aber schon jetzt gesagt werden, daß sich die Einrichtungen bewährt haben und damit das von der Planung gesteckte Ziel erreicht wurde.

6. DIE ANTENNENANLAGE

Ing. Walther Kastinger, T 4-2

6.1. Die Antennenanlage des ersten Bisamberg-Senders

Wie schon einleitend berichtet, ist im Frühjahr 1945 die 1933 errichtete 1oo kW-Richtantennenanlage vollkommen zerstört worden. Durch die Sprengung der beiden je 13o m hohen, für die Silhouette des Bisamberges durch ihre "Fischbauchform" charakteristischen Sendemaste wurden auch die Nebenanlagen, wie Gegengewichte und Energieleitungen unbrauchbar. Eine Wiederverwendung einzelner Teile war wegen ihrer totalen Deformation nicht möglich. Im Verlauf der Aufräumungsarbeiten mußten diese Antennenteile verschrottet werden.

Erst 195o konnte nach vielen nachkriegs- und besatzungsbedingten Schwierigkeiten mit einem 35 kW-Sender und einer 65 m hohen Antenne der Sendebetrieb auf der Anlage Bisamberg wieder aufgenommen werden. Dies stellte damals eine wesentliche Verbesserung gegenüber dem bisherigen 1o kW-Betrieb vom Funkhaus Argentinierstraße dar. Durch die Auflassung des FH-Senders trat auch die unbedingt notwendige Entlastung des NF-Studiobetriebes von den unvermeidlichen HF-Einstreuungen der am FH-Dach montierten 5o m Antenne ein. Die Wiederherstellung der ebenfalls zerstörten Studioeinrichtungen war erst nach dieser Sendereinstellung möglich.

Nach Abschluß des Staatsvertrages konnte mit konkreten Planungen für den Wiederaufbau der Sendeanlage Bisamberg begonnen werden, wobei sowohl die Vorarbeiten und Messungen, die ursprünglich zur Auswahl des Standortes am Bisamberg geführt hatten, als auch die inzwischen gewonnenen Betriebserfahrungen und Versorgungsergebnisse als Planungshilfen herangezogen werden konnten.

Vor allem mußten die vollkommen geänderten Aufgabestellungen berücksichtigt werden.

Die 1933 errichtete Sendeanlage war, dem damaligen Versorgungserfordernissen und dem techn. Stand entsprechend, als 1oo kW-Sendeanlage mit einer Richtantenne ausgelegt. Das neue Konzept sah dagegen die gleichzeitige Abstrahlung zweier Programme auf zwei Frequenzen mit der damals sehr hohen HF-Leistung von je 24o kW pro Programm im Rundstrahlbetrieb vor.

6.2. Die Antennenanlage des 1959 in Betrieb genommenen Senders.

6.2.1 Die Sendemaste

Es wurden zwei Halbwellenmaste mit den Bauhöhen von 265 m für die Frequenz 584 kHz und 12o m für die Frequenz 1 475 kHz errichtet.

Der 265 m Mast (Nordmast) wurde ungefähr in der Mitte des ORF-eigenen Geländes zwischen den Aufstellungspunkten der beiden ehemaligen 13o m Maste errichtet, der 12o m Mast ca. 25o m südlich davon in einem Geländeteil, der bereits gegen Kriegsende für die Aufstellung einer Hilfsantenne benutzt wurde. Beide Maste besaßen Einrichtungen zur Verschiebung des Stromknotens am Mast, der 265 m Mast war zusätzlich mit einer Doppelspeisung ausgestattet. Damit war eine Maximierung der nahschwundfreien Zonen möglich. Der 12o m hohe Südmast konnte zu Reservezwecken außerdem mit beiden Frequenzen, allerdings nur mit verminderter Leistung, angespeist werden.

Zum damaligen Zeitpunkt standen vom Abbau der Richtantenne des von der US-Besatzungsmacht errichteten Senders Linz-Kronstorf zwei geeignete Mastkon-

struktionen passender Höhe zur Verfügung. Nach einigen stahlbautechnischen, aus statischen Gesichtspunkten notwendigen Adaptierungen- die Mastkonstruktionen waren nach amerik. Normen ausgelegt - wurden beide Maste von der Fa. Waagner-Biro am Bisamberg wieder errichtet. (Bild 21)

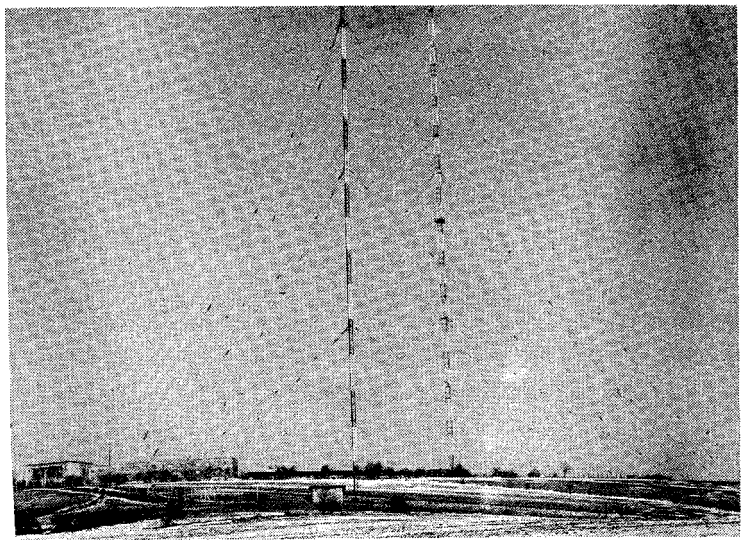


Bild 21

Gesamtaussicht der Anlage mit dem Südmast (12o m) im Vorder- und den Nordmast (265 m) im Hintergrund

6.2.2 HF-Erdnetze

Beide Maste erhielten ausgedehnte, den jeweiligen Wellenlängen angepaßte Erdnetze hohen Wirkungsgrades, die im wesentlichen aus 24o bzw. 12o radial im Erdboden verlegten Kupferdrähten bestanden.

Ein sog. "Gegengewicht" aus isoliert über dem Erdboden in Form einer waagrechten Fläche angeordneten radialen Seilen, wie es für die 1933 errichtete 1oo kW-Antennenanlage verwendet worden war, kam aus Gründen des geringen Wirkungsgrades, sehr hohen Aufwandes und der Schwierigkeit, bei Eisbehang die Seile elektr. abheizen zu müssen, nicht mehr in Frage. Vor allem hat sich der damals angenommene Einfluß der waagrechten, jedoch in ihrer Ausdehnung begrenzten Gegengewichtsfläche auf das Vertikaldiagramm zur Kompensation des hügeligen Charakters der Erdoberfläche in Antennennähe nicht realisieren lassen.

6.2.3 HF-Speiseleitungen

Für die HF-Verbindungen vom Sendehaus zu den beiden Antennenabstimmungshäusern wurden entsprechend der Ausgangsimpedanz der Sender unsymetrische 23o Ohm-Freileitungsfeeder für eine Übertragungsleistung von 24o kW gewählt. HF-Kabel für diese Leistungen waren damals noch nicht verfügbar. Konzentrische Rohrleitungen, wie sie bereits für die 1933 errichtete Anlage verwendet wurden, schieden vor allem wegen der hohen Kosten und schwierigen Verlegbarkeit aus. Entsprechend dem Schaltsystem der Antennenanlage wurden einer Feederleitung zum Nordmast, zum Südmast jedoch 2 Feederleitungen (Simultanbetrieb) verlegt.

Bild 22.
Die beiden Feederleitungen zum Südmast

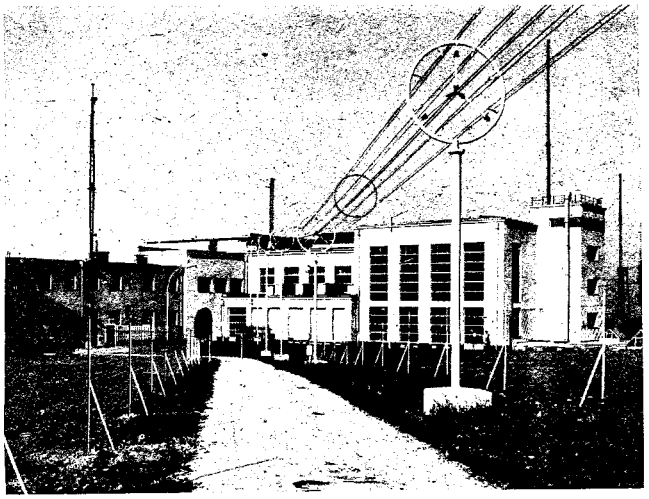
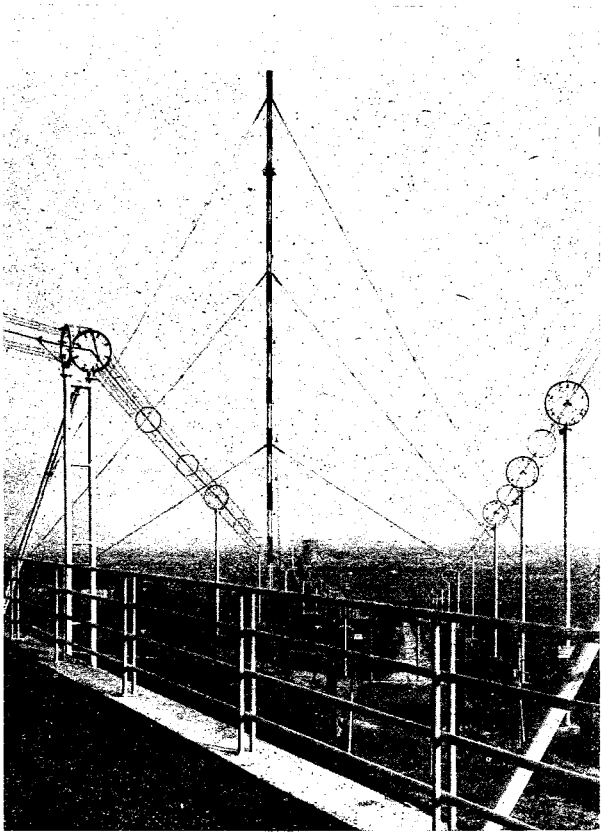


Bild 23.
Die Feedertrasse zum Nordmast



6.2.4 Antennenabstimmung

In den beiden geräumigen Antennenhäusern wurden die umfangreichen Abstimmmittel und Schalteinrichtungen für die vorgesehenen Betriebsfälle und Stromknoteneinstellungen untergebracht.

Die neue Sendeanlage konnte im August 1959 mit einer Leistung von je 24o kW auf den Frequenzen 584 kHz und 1475 kHz in Betrieb genommen werden.

6.3. Die Antennenanlage des neuen 6oo kW-Senders

Nach der 1973 erfolgten Entscheidung, den Mittelwellenhauptsender Österreichs am Bisamberg auf 6oo kW zu verstärken, wurde durch ein neues Anlagenkonzept erstellt. Vorgesehen war, den 6oo kW-Sender abwechselnd auf den Frequenzen 584 kHz im Tagbetrieb und 1475 kHz im Nachtbetrieb einzusetzen. Die jeweils andere Frequenz sollte wie bisher mit 24o kW betrieben werden. In Erweiterung der bisherigen Betriebsmöglichkeiten sollte auch der 265 m hohe Nordmast eine Simultaneinrichtung erhalten.

Das aufgrund dieser Forderungen erstellte Antennenkonzept mußte zusätzlich berücksichtigen, daß der laufende Sendebetrieb während der Umbauarbeiten nicht unterbrochen werden durfte.

Die Arbeiten waren daher unter Berücksichtigung aller Voraussetzungen in folgender Reihenfolge durchzuführen:

1. Umbau des 265 m-Nordmastes, Einbau der 6oo kW-Abstimmittel und der Simultanbetriebsmittel, einschließlich Verlegung eines 6oo kW-Speisekabels. Während dieser Zeit wurde der Südmast simultan mit 2 x 12o kW betrieben.

2. Umbau des 12o m-Südmastes, Einbau der 6oo kW-Abstimmittel, Adaptierung der Simultanbetriebsmittel, einschl. Verlegung eines 6oo kW-Speisekabels.
   Während dieser Zeit wurde der Nordmast simultan mit 2 x 12o kW betrieben.

3. Aufnahme des 6oo/24o kW-Betriebes nach Einmessung und Probebetrieb.

Die Antennenanlage konnte trotz der sehr kurzen zur Verfügung stehenden Zeit planmäßig in Betrieb genommen werden. Im wesentlichen trat während der Umbauzeit keine Unterbrechung des Abstrahlbetriebes auf, sodaß, abgesehen von der an sich geringen Leistungsreduktion, die umfangreichen und komplizierten Adaptierungsarbeiten unbemerkt vom Publikum vor sich gehen konnten.

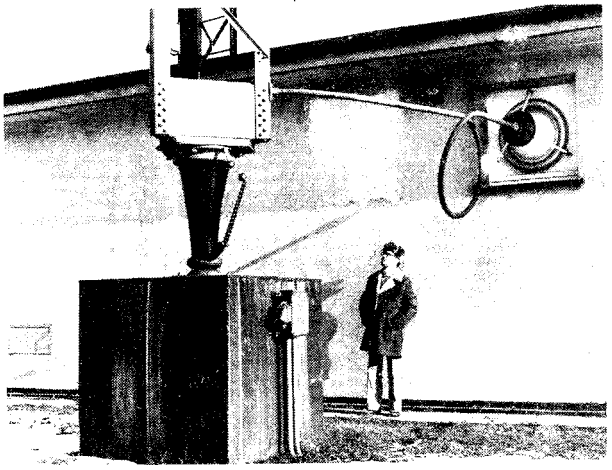


Bild 24
Der neue Fußisolator des 12o m hohen Südmastes

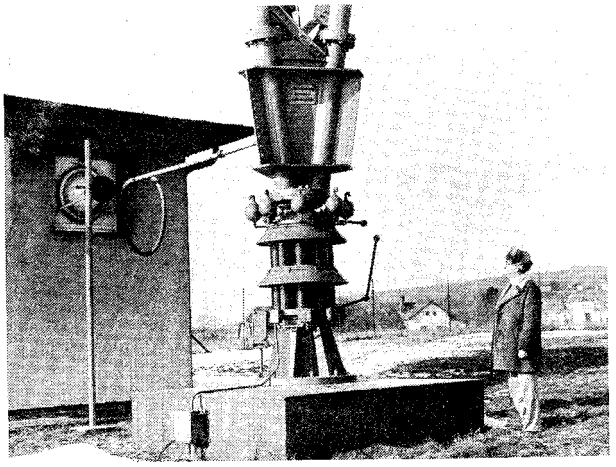


Bild 25
Der ölgefüllte Fußisolator des 265 m hohen Nordmastes mit den kugelförmigen Ausgleichsbehältern.
(zulässige Nutzlast 5oo t
Überschlagsspannung 25o kV)

Die Arbeiten an den einzelnen Anlageteilen wurden unter weitgehendster Verwendung der vorhandenen Bauteile wie folgt ausgeführt:

6.3.1 Sendemaste

Umfangreiche Untersuchungen ergaben, daß die Pardunenisolation beider Maste wesentlich zu verstärken war. Außerdem war der Fußisolator des Südmastes aus Spannungsgründen gegen ein größeres Exemplar zu tauschen. (Bilder 24 und 25).

Die vorhandenen Einrichtungen für die Doppelspeisung des Nordmastes und Doppelsimultanspeisung des Südmastes (12o m Masthöhe für 584 kHz, 1oo m Masthöhe für 1475 kHz) konnten für die hohe Leistung mit vertretbarem Aufwand nicht adaptiert werden.

Diese zusätzlichen Betriebs- u. Einstellungsmöglichkeiten waren jedoch, wie die Betriebserfahrungen seit 1959 zeigten, nur zum Teil benötigt worden. Untersuchungen ergaben, daß beide Maste für alle Normal-u. Simultanbetriebsfälle mit Fußpunktspeisung ohne merkbare Versorgungseinbuße betrieben werden können. Man verzichtete daher auf diese Einstellmöglichkeiten.

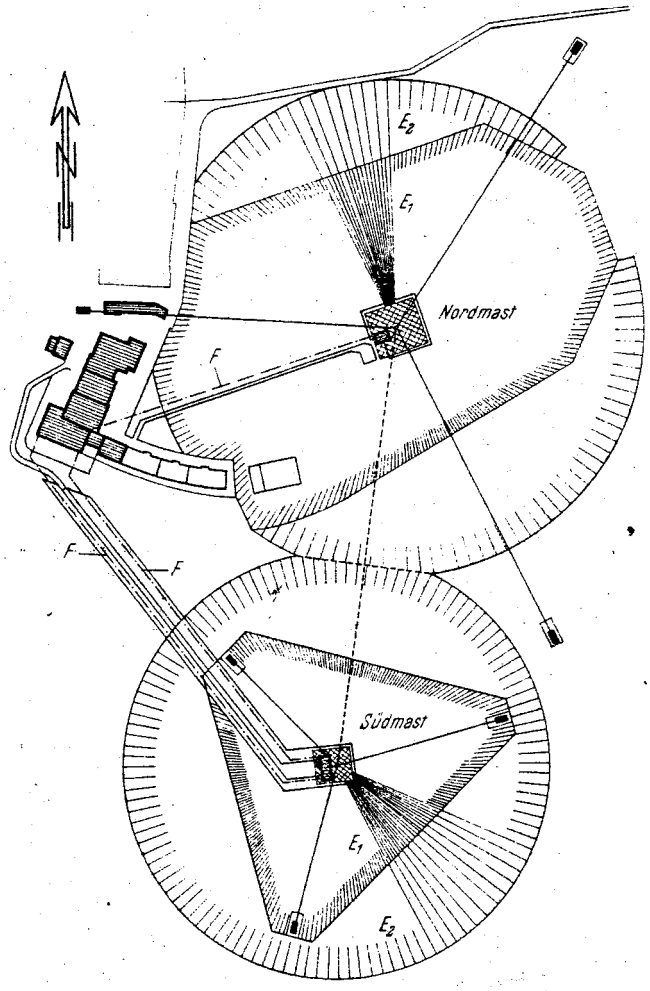


Bild 26 - Lageplan der Antennenanlage

Die Umstellung auf Fußpunktspeisung ermöglichte die Demontage der störanfälligen HF-technischen Einrichtungen beider Maste (Ausbau der Zwischenisolatoren im Nordmast auf 137 m Bauhöhe und im Südmast auf 1oo m Bauhöhe, Ausbau der HF-Innenleitungen, der Anspeisungen, der ferngesteuerten Schalter etc). Durch diese Maßnahmen wurden auch erwünschte Vereinfachungen an den Masteinrichtungen selbst durchführbar. Die Luftwarnbeleuchtung beider Maste konnte durch den Wegfall der Mastisolationsstrekken den jetzt gültigen Luftfahrtvorschriften angepaßt und vereinfacht werden. Der Südmast erhielt eine Innensteigleiter eingebaut usw.

Das größte Problem stellte jedoch die Beherrschung der bei den großen HF-Leistungen auftretenden sehr hohen Spannungen, besonders an der Pardunenisolation dar (siehe Bilder 27 und 28). Diese Isolation muß bekanntlich nicht nur für die vom eigenen Mast herrührenden Spannungen ausgelegt werden. Es sind zusätzlich auch die Einflüsse durch die enge Verkoppelung mit dem jeweils anderen Mast, dazu noch auf einer anderen Frequenz, zu berücksichtigen.

Kritisch am Bisamberg sind vor allem die Isolatoren der obersten Abspannungen des 265 m hohen Nordmastes, an denen seit Betriebsbeginn 1959 Schwierigkeiten durch Überschläge als Folge statischer Aufladungen mit nachfolgenden HF-Lichtbogen auftraten. 1963 mußte die Isolation dieser 3 Abspannseile bereits wesentlich verstärkt werden, da trotz des Einbaues einer Senderaustastanlage, bei Überschlägen an den Pardunenisolatoren schwere Schäden durch HF-Lichtbogen aufgetreten waren.

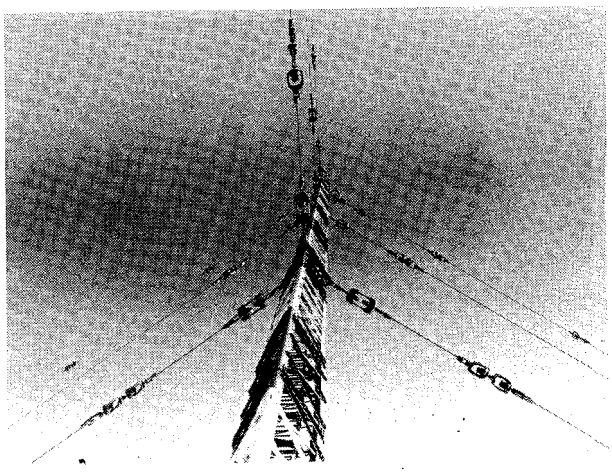


Bild 27
Der Südmast mit seinen Pardunen und Isolatoren

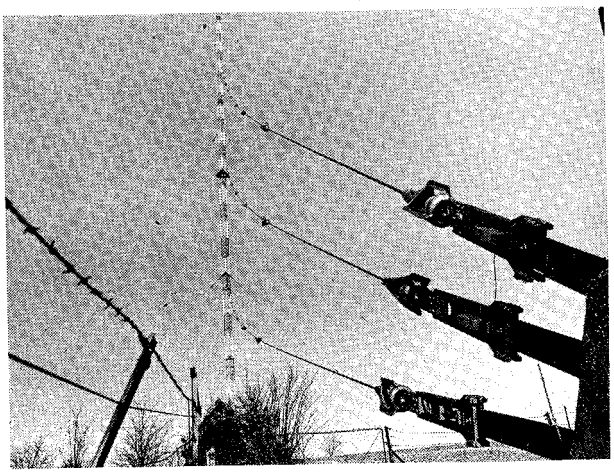


Bild 28
Abspannungen und Isolatoren des Nordmastes

Bild 29

Pardunenisolator des Nordmastes (zulässige Nutzlast 4o t ,Überschlagsspannung 1oo kV)

Auch dieser Umbau brachte nicht den gewünschten Erfolg. Bei Überschlägen mußte die Senderleistung oft bis zu 6o kW pro Programm herabgesetzt werden, um den Betrieb überhaupt abwickeln zu können.

Die neue Mastisolation sollte alle diese Einflüsse, die sicher auch auf die besonderen luftelektr. Verhältnisse am Standort Bisamberg zurückzuführen sind, berücksichtigen.

Aufgrund einer Ausschreibung wurde die Fa. Telefunken für den 6oo kW-Umbau der Antennenanlage ausgewählt. Diese Firma erstellte eine umfangreiche Expertise für die neue Pardunenisolation.

In der Folge hat die Fa. Waagner-Biro alle Abspannungen beider Maste demontiert, neu abgelängt und entsprechend der Telefunken-Expertise mit Isolatoren ausgerüstet, wobei die noch gebrauchsfähigen alten Isolatoren wiederverwendet wurden. Als neue Isolatoren wurden nicht mehr die wohl spannungssicheren, aber bei HF-Lichtbogen zur Zerstörung neigenden amerik. Locke-Isolatoren eingebaut, sondern deutsche "Gurtband"-Isolatoren der Fa. Rosenthal-Stemag, deren Stahlgehänge preisgünstig im Inland von der Fa. Waagner-Biro geliefert werden konnten.

Insgesamt wurden 11o Stk neue Isolatoren, zum Teil als Ersatz unbrauchbarer, amerik. Isolatoren geliefert und eingebaut. Der Lieferpreis pro Stück lag bei ca. S 25.000.-. In den Abspannungen beider Maste sind derzeit 276 Isolatoren eingebaut (vor dem Umbau 189 Stück). Um einen Begriff der Kosten derartiger Isolationen zu geben, sei angeführt, daß allein der Neulieferwert nur der Pardunenisolatoren ca 7 Mio S beträgt.

Die Überschlagsspannung eines derartigen Isolators (Bild 29) liegt bei ca. 100.000 Volt.

Die bisherigen Betriebserfahrungen mit der neuen Mastisolation bestätigen im wesentlichen die Angaben der Telefunken-Expertise, wonach trotz des hohen Isolationsaufwandes in einigen wenigen Fällen bei Vorliegen extremer, statischer Aufladungen immer noch Überschläge an der Pardunenisolation auftreten können.

Wie sich bisher gezeigt hat, sind aber auch diese seltenen Überschläge für die verlangte kontinuierliche Betriebsführung der Großsendeanlage nicht tragbar. Es treten Senderabschaltungen und weiters zerstörende Lichtbogen an den Abstimmitteln und in den Sendern selbst an Leistungskondensatoren, Funkenstrecken, Schaltern, etc. auf.

Diese Schwierigkeiten sind international bekannt und werden bei Großstationen, die hohe Maste und große Senderleistungen verwenden, beobachtet. Die bisherigen Versuche einer Behebung befriedigen nicht oder sind noch nicht ausgereift.

Man überbrückt z.B. die Pardunenisolatoren mit spannungsabhängigen Widerständen, um die statischen Aufladungen abzuleiten. Trotz der sehr hohen Kosten für den Einbau und den mindestens jährlich vorzunehmenden Tausch dieser Widerstände - der Zeitaufwand hiefür hat längere Betriebsunterbrechungen bzw. Einschränkungen zur Folge, da die Abspannseile mit einem Montagewagen befahren werden müssen - bringt diese Maßnahme nur Teilerfolge.

Die Verwendung von Kunststoffseilen für die Abspannung selbststrahlender Maste - damit wird eine Vollisolation erreicht - ist bisher bei höheren Leistungen noch nicht geglückt. Es muß hier die weitere Entwicklung, besonders die eines verläßlichen Seilendverschlusses mit gleichbleibender Potentialsteuerung, abgewartet werden.

Ein von der Fa. Telefunken derzeit in Erprobung befindliches System einer "isolatorarmen" Abspannung - im Abspannseil werden nur die Isolatoren am Mast und die am Abspannfundament belassen, letztere aber mit Drosseln überbrückt - scheint Aussicht auf Erfolg zu haben. Die Fa. Telefunken arbeitet derzeit an einem Vorschlag für die Nachrüstung der kritischen obersten Pardunen des Nordmastes am Bisamberg nach diesem System, wobei der Einfluß der zwei Betriebsfrequenzen und der nach Plan wechselnden Leistungen berücksichtigt wird.

Weiters laufen derzeit Versuche an den obersten Pardunen des Nordmastes. Die obersten Isolatorketten sind mit Widerstandsketten überbrückt, die eine Änderung der Potentialverteilung bei statischen Aufladungen bewirken sollen.

6.3.2 HF-Erdnetze

Die bereits 1959 wegen des hohen Wirkungsgrades sehr reichlich ausgelegten Erdnetz- und Blitzschutzanlagen könnten ohne Änderungen übernommen werden. Sie sind 1959 folgendermaßen realisiert worden:
Jeder Mast wird von einem annähernd kreisförmigen Erdnetz umgeben, dessen Dichte gegen die Mitte hin zunimmt. Abbildung 26, Seite 34 zeigt den Grundriß der gesamten Antennenanlage und die Lage der Maste, der Feeder und der Erdnetze. Unmittelbar unter den Antennen und in der Nähe der Abstimmhäuser besteht das Erdnetz aus einem dichten Belag von Kupferstreckmetall, das am Mastfuß im Bereich der höchsten Stromdichte in eine massive Kupferblechverdachung der Betonkörper übergeht.

Nach außen schließt ein Bereich E1 mit 24o regelmäßig verteilten Strahlen aus Kupferdraht an, die etwa 2o cm tief verlegt sind. Die Abgrenzungen dieser Flächen sind durch Besitz-und Nutzungsverhältnisse bedingt. In den peripheren Gebieten E2 liegen 12o Drähte in etwa 5o cm Tiefe, sodaß eine uneingeschränkte, landwirtschaftliche Nutzung möglich ist. Die größten Durchmesser der Erdnetze betragen beim Nordmast 28o m, beim Südmast 24o m. Die Länge der verlegten Kupferdrähte in der Größenordnung von 7o km läßt den Umfang der notwendigen Verlegungsarbeiten ahnen.

Theoretische Überlegungen im Zusammenhang mit der örtlichen Bodenleitfähigkeit ließen es ratsam erscheinen, die Enden der Erdstrahlen nach Art einer Krallenerdung noch mit Erdspießen zu verbinden, was einer weiteren Vergrößerung des Netzes gleichkommt.

6.3.3 HF-Speiseleitungen und HF-Stromlaufplan

Der Umbau der vorhandenen unsymmetrischen 23o Ohm Freileitungsfeeder von 24o kW auf 6oo kW Übertragungsleistung war nach Angabe der Errichterfirma Brown-Boveri nicht möglich. Es hätten vollkommen neue Leitungen einschließlich eines neuen, leistungsfähigeren Eisabheizsystems errichtet werden müssen.

Die bisherigen Betriebserfahrungen sprachen jedoch gegen die Neuerrichtung von Freileitungen (Verstimmungen bei Nebel, Regen etc., schädliche Beeinflussungen durch das HF-Feld des jeweiligen zweiten Mastes, starke Verkoppelungen im Sendehaus, Schäden am Vogelbestand usw.). Außerdem war zu berücksichtigen, daß der 6oo kW-Sender auf antennenseitige Verstimmungen wesentlich empfindlicher reagieren würde, als die vorhandenen 24o kW-Sender.

Mit den derzeit erhältlichen HF-Erdkabeln für diese Leistungen können die Nachteile der Feeder verhindert werden, es treten jedoch andere Schwierigkeiten auf: Freileitungen sind leicht und schnell zu reparieren, HF-Kabel nicht, weshalb Reserven vorgesehen werden müssen. Die hohlen HF-Kabel müssen weiters aus wirtschaftlichen Gründen stets mit Überdruck zur Erhöhung der Spannungsfestigkeit betrieben werden, etc.

Das schließlich nach langen Überlegungen gewählte HF-Schaltsystem verbindet die Vorteile der verschiedenen Systeme. Die noch in sehr gutem Zustand befindlichen Freileitungsfeeder wurden für Reservezwecke ungeändert belassen, für die hohe Leistung von 6oo kW wurde jeweils ein Erdkabel zu jeder Antenne neu verlegt.

Südmast

Der Südmast behält daher für den Simultanbetrieb mit 2 x 12o kW seine beiden Feeder, Die Feederleitung für 1475 kHz kann aber auch für Reservezwecke mit 24o kW(wie bisher im Normalbetrieb), eingesetzt werden.

Das neue 6oo kW-Erdkabel übernimmt den Normalbetrieb bei 1475 kHz (also bei Nacht:6oo kW), die Feederleitungen stehen in Reserve.

Nordmast

Der Nordmast behält seine Feederleitung, die entweder für die Simultanspeisung mit 584 kHz/12o kW oder als Reserve mit 24o kW (wie bisher im Normalbetrieb) eingesetzt wird.

Das neue 6oo kW-Erdkabel übernimmt den Normalbetrieb für 584 kHz (Tag 6oo kW, Nacht 24o kW), kann aber auch nach Umschaltung für den Simultanbetrieb auf 1475 kHz mit 12o kW verwendet werden.

Die Trassierung und Verlegung der beiden HF- Erdkabel (Typ Flexwell 6 1/8" mit Kunststoffmantel, Außendurchmesser ca 17 cm) erfolgte unter Berücksichtigung geringsten Schadens an den bestehenden Erdnetzen und Kabelverbindungen unter Ausnützung der Schutzwirkung der vorhandenen umfangreichen Erd- und Blitzschutzbänder.

In den beiden Antennenhäusern wurden große, druckdichte, den hohen HF-Spannungen und Strömen entsprechende Kabelverschlüsse mit Keramikisolator verwendet, im Sendehauskeller zum Anschluß an die hausinternen HF-Rohrleitungen entsprechend spannungssichere, druckdichte koaxiale Endverschlüsse.

Die Nachfüll- und Überwachungsanlage für die Stickstoffüllung der beiden Erdkabel wurde im Sendehauskeller untergebracht. Bei Unterschreitung eines einge-

stellten Druckes wird, nach Alarmmeldung, der 6oo kW-Sender selbsttätig abgeschaltet, um Kabelüberlastungen zu verhindern. Ein reduzierter Betrieb mit 3oo kW (5o% Leistungsstufe des 6oo kW-Senders) oder 24o kW (vorhandene Sender) ist auch ohne Überdruck möglich.

6.3.4 HF-Schalter

Das bestehende 23o Ohm/24o kW-Leitungssystem benötigte nur einen einzigen HF-Umschalter (Bild 3o). Damit wurde der 584 kHz-Sender bei Simultanbetrieb vom Nordmast auf den Südmast umgeschaltet. Die Erdungsschalter der Antennen und Feederleitungen waren handbetrieben.

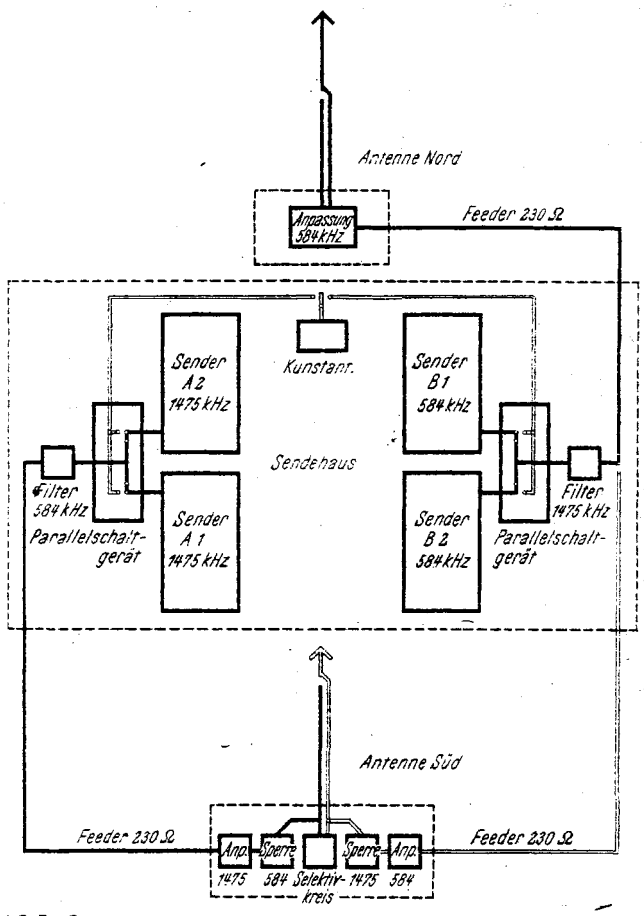


Bild 3o.
Zusammenschaltung der Sender und Antennen im alten 2x24o kW - Sytem

Das neue, aus wirtschaftlichen Gesichtspunkten gewählte, gemischte 23o/5o Ohm-24o/6oo kW System mit dem zusätzlichen Simultanbetrieb für den Nordmast verlangte dagegen durch die vielen verschiedenen Betriebsfälle wesentlich umfangreichere und kompliziertere Schaltungsmöglichkeiten. Außerdem sollte bei der Planung eine Erweiterung der Anlage auf 12oo kW mit 2 entsprechend leistungsfähigen, zusätzlichen Kabelabgängen zumindest platzmäßig vorgesehen werden. Alle Schalter sollten fernangetrieben, fernüberwacht und selbstverständlich vollautomatisierbar mit Einbindung in die Senderblockkreise ausgestattet werden.

Die Suche nach dem technisch, wirtschaftlich und betrieblich günstigstem System führte zur Grundauslegung der Anlage für eine Impedenz von 5o Ohm, unsymmetrisch, für alle Normalbetriebsfälle und Leistungen.

Den beiden vorhandenen 23o Ohm/24okW - — Sendern mußten deshalb Transformationsglieder auf 5o Ohm vorgeschaltet werden. Der Normalbetrieb wird nur mehr im 5o Ohm-System abgewickelt.

Die 23o Ohm-Ausgänge der bestehenden beiden 24o kW-Sender wurden mit zwei 23o Ohm-Schaltern ergänzt, als zentrale Umschaltanlage ein koaxialer 5o-Ohm-Matrix-Schalter der Fa. Spinner aufgestellt (Bild 31).

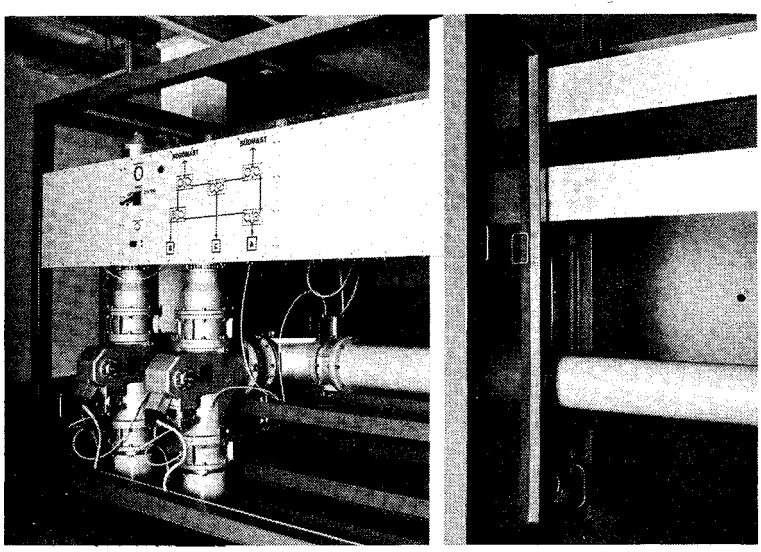


Bild 31.

Zentraler HF-Speiseleitungs-Wahlschalter in Koax-Ausführung (5oΩ) für 24o/6oo kW im Sendehaus

Dieser im Baukastensystem konzipierte Schalter ist durch den Einbau weiterer Einzelschalter entsprechend erweiterbar. Der Schalterantrieb erfolgt mit Druckluft. Alle anderen Schalter, auch die von der Fa. Telefunken in den Antennenhäusern neu aufgestellten HF-Leistungsschalter, werden elektr. angetrieben. Die bestehenden Feeder-Erdungsschalter mußten aus Sicherheitsgründen - die HF-Einstreuungen in die Feederleitungen sind sehr hoch und verursachen auch an abgeschalteten Anlagenteilen gefährliche Spannungen - ebenfalls mit Fernantrieben nachgerüstet werden.

Die Steuerung und Überwachung aller Schalter ist in einem zentralen Blindschaltfeld im Senderhauptkontrollraum der Anlage zusammengefaßt. Eine Umstellung auf Programmsteuerung (zentrale Sendersteuerung) ist bereits vorbereitet.

6.3.5 Antennenabstimmung

Nordmast:
Infolge der geänderten Betriebsart (Fußpunktspeisung anstelle Doppelspeisung) und der zusätzlichen Simultanspeisung war nur ein kleiner Teil der vorhandenen Abstimmittel verwendbar. Von der Fa. Telefunken neu eingebaut wurden die 6oo kW/584 kHz-Abstimmung und der 1475 kHz-Zweig der neuen Simultanspeisung einschließlich der erforderlichen HF-Schalter. Für den 584 kHz-Simultanteil konnten weitgehend vorhandene Elemente verwendet werden.

Wegen der hohen Ströme und Spannungen mußten umfangreiche Abschirmungen und Bodenabdeckungen aus Kupferblech angebracht werden. Abdeckbleche von Kabelkanälen waren aus dem gleichen Grunde zu verschweißen bzw. zu verschrauben.

Der Einbau von Filtern für 1475 kHz- der 6oo kW-Sender besitzt keine Filtereinrichtung - war nach den Meßergebnissen nicht erforderlich, da der Tiefpaßcharakter der 6oo kW-Abstimmung ausreichte.

Südmast:
Die vorhandenen Simultaneinrichtungen - der 1475 kHz-Zweig war ohne Umschaltung früher gleichzeitig Normalbetriebsfall für 24o kW- konnten zur Gänze nach Umstimmung weiterverwendet werden.

Von der Fa. Telefunken neu eingebaut wurde lediglich die 1475 kHz/6oo kW-Abstimmung mit dem erforderlichen Schalter. Auch hier waren verschiedene aufwendige Maßnahmen an den Abschirmungen, Kabelkanaldeckeln etc. notwendig.

Der Zubau eines 584 kHz-Filters für den 6oo kW-Sender erwies sich als unbedingt notwendig, da die Verkoppelung der Maste bei dieser Frequenz sehr hoch und die Sperrwirkung der Abstimmung als Tiefpaß zu gering war.

6.4 Bisherige Betriebserfahrungen

Nachträglich auftretende Schwierigkeiten, die sich durch die starken Einkoppelungen der mit hoher Leistung strahlenden Antennen auch auf abgeschaltete Bauteile ergaben und die zu Zerstörungen führten, mußten durch verschiedene Maßnahmen beseitigt werden. Der Einbau zusätzlicher Funkenstrecken erwies sich als notwendig, um kritische Bauteile zu schützen.
Die durch Überschlag an den Antennen hervorgerufenen, sehr störenden Senderabschaltungen sind noch Gegenstand eingehender Messungen und Untersuchungen.

Zusätzlich zu den bereits bestehenden Senderaustastgeräten, die bei Pardunenüberschlägen eine Kurzaustastung auf dem Modulationsweg durchführen, ist der Einbau von nach dem UV-Prinzip arbeitenden Sensoren zur Überwachung der Pardunenisolatoren vorgesehen.
Die bisherigen Betriebserfahrungen mit dem 6oo/24o kW-Betrieb auf den bestehenden Antennen, der allgemein als sehr kritisch angesehen wurde, da bereits beim 24o/24o kW-Betrieb erhebliche Schwierigkeiten durch die starken Verkoppelungen der Maste und Pardunenseile auftraten, sind jedoch zufriedenstellend.

7. DIE ENERGIEVERSORGUNG

Eduard HEYNA, T6

7.1. Die Entwicklungsstadien der Energieversorgung

Vier Ausbauphasen kennzeichnen die Entwicklung in der Energieversorgung der Sendeanlage Bisamberg:

1933 Inbetriebnahme dreier von Dieselkraftmaschinen betriebener Generatorsätze. Die Fünfzylinder-Viertakt-Saugmotore lieferten eine nutzbare Leistung von je 5oo PS und ein Vierzylinder-Viertakt-Saugmotor brachte 4oo PS auf die Generatorwelle. Diese Kraftzentrale diente bis zum Beginn des 2. Weltkrieges als alleinige Energiequelle für die Sendeanlage.

1939 In der Ära des "Dritten Reiches" erfolgte die Errichtung einer öffentlichen Stromversorgung. Vom kleinen Marchfeld-Ort Flandorf, wo sich eine Schalt- und Umspannstelle der NEWAG befand, wurde eine Hochspannungs-Freileitung in Umgehung verbauter Gebiete zum Bisamberg geführt. Ab Inbetriebnahme dieser Leitung fungierte die eigene Entrale - übrigens bis zum heutigen Tage - nur mehr als Notstromanlage.

In den ersten Nachkriegsjahren erwies sich die Flandorfer-Anspeisung in steigendem Maße störanfällig und als man in den Jahren 1953 bis 1955 verschiedene Nachkriegs-Sendeprovisorien durch den Bau einer neuen Großsendeanlage zu ersetzen trachtete, galt es zunächst, eine gesicherte und leistungsstarke Stromversorgung herzustellen.

1954 wurden zwischen NEWAG und WEW Versorgungsgebietsbereinigungen durchgeführt und Flandorf wurde den WEW zugeteilt. Im Zuge von Netzsanierungen erhielt der Bisamberg eine neue 2o kV-Versorgungsleitung, welche als Freileitung von der Schaltstelle Stammersdorf zur Sendeanlage führte.

Der Projektierung und Ausführung wurde eine maximal übertragbare Leistung von 2 MVA zugrunde gelegt. Durch wirtschaftliche Nachkriegsschwächen und die Auswirkungen des Koreakrieges war es gar nicht so einfach, ein derartiges Leitungsprojekt zu realisieren, da es an Rohstoffen mangelte. So mußte der Rundfunk das für den Leitungsbau erforderliche Kupfer zum Teil in Form von Altmaterial beistellen.

1959 erfolgte die Inbetriebnahme der damals zu den modernsten und leistungsstärksten Mittelwellen-Sendeanlage Europas zählenden Großsendeanlage.

Vier 12o kW-Sender belasteten das Netz mit einer Maximalleistung von 135o kVA. Nach wie vor wurde bei Netzausfällen die Eigenzentrale für den - dann allerdings reduzierten - Sendebetrieb eingesetzt. Besonders im Winter kam es oftmals durch Eisbehang zu Seilrissen an der Freileitung und dadurch zu vielstündigen Netzausfällen.

1973 wurde der Beschluß gefaßt, die Sendeanlage Bisamberg zu verstäkren und einen 6oo kW-Sender mit einer Netzanschlußleistung von 146o kVA zusätzlich zu den vorhandenen Sendern aufzubauern. Für die Energieplanung bedeutete dies die Bereitstellung einer Netzleistung von 2.7 MVA. Diese beträchtliche Leistung - man könnte damit ca. 15.ooo Farb-TV-Geräte versorgen - konnte dem bisherigen Versorgungssystem nicht mehr entnommen werden. Mit den WEW wurde daher die Errichtung einer betriebssicheren 2o kVA-Erdkabel-Direktverbindung vom Umspannwerk Leopoldau zu unserer Schaltanlage am Bisamberg geplant.

1974 wurde mit dem Leitungsbau begonnen. Die Firmen WIBEBA und WKM wurden über die WEW mit der Ausführung beauftragt und kämpften sich nach knapp 7-monatiger Bauzeit über 8.7 Staßenkilometer von Leopoldau zum Bisamberg durch. Die Verlegstraße verläuft vom Umspannwerk Leopoldau entlang der Siemensstraße, Ruthnergasse, Großbauergasse, Brünnerstraße, Jedlersdorferstraße, Stammersdorferstraße, Kellerstraße und Senderstraße in unsere zur gleichen Zeit neu ausgebaute Hochspannungsschaltanlage.

Am 1. März 1975 konnte der Versuchsbetrieb des Senders über die Kabelverbindung Leopoldau-Stammersdorf und ein Freileitungsprovisorium von Stammersdorf zum Sender termingerecht aufgenommen werden. Am 1. Mai 1975 war auch das letzte und schwierigste Kabelstück Kellergasse-Senderstraße verlegt und damit die Gesamtkabelverbindung betriebsbereit. In der Senderstraße leisteten die Verlegefirmen ein besonderes Kunststück, da es trotz schwierigster Engstellen kaum zu Verkehrsproblemen kam. Wer die Senderstraße kennt, muß diese Leistung besonders würdigen. Das Kabelprojekt Leopoldau- Bisamberg erforderte einen Aufwand an Investitionsmitteln in der Höhe von ca. S 15 Mill. Mit den WEW wurde eine Kostenteilung vereinbart, sodaß der ORF rund S 8.5 Mill. und die WEW selbst rund S 6.5 Mill. aufzubringen hatten.

7.2. Der Versorgungsaufbau

Basisstation für unsere Versorgung ist das Umspannwerk Leopoldau der WEW. Leopoldau ist in die 11o kV Ring-Doppelanspeisungen mit der Anspeisung einerseits vom E-Werk Simmering der WEW (mit einer eigenen Erzeugungsleistung von 4 x 15o MVA) und andererseits von Bisamberg - Stetten (Verbundgesellschaft) eingebunden. In Leopoldau erfolgt die Transformation von 11o kV auf 2o kV. Für die ORF-Versorgung wurde eine 2o kV-Schaltzelle gebaut. Diese Schaltzelle ist mit einem Hochspannungsleistungsschalter mit Distanzschutz und Kurzschlußfortschalteeinrichtung ausgestatten. Das Distanzrelais schaltet den Leistungsschalter bei Kurzschluß oder Doppelerdschluß aus, die Kurzschlußfortschaltung sorgt für eine Kurzunterbrechnung der Versorgungsleitung für die Zeit, die nicht wesentlich länger dauert als es die sichere Löschung des Kurzschluß-Lichtbogens erfordert. Die Selektivität dieses Schalters ist mit jener des Hochspannungsleistungsschalters in der Sendeanlage genauestens abgestimmt. Bei der Optimierung der Maximal-Stromzeitrelais der Leistungsschalter mußten die besonders schwierigen Einschaltkriterien des 6oo kW-Senders beachtet werden. Bei Nennbetrieb des Senders liegt die Belastungsstromstärke im 2o kV.Netz bei ca. 36 bis 4o A. Beim Einschaltvorgang werden Stromstöße bis zum 15-fachen des Nennstromes, d.s. ca 6oo A registriert, wobei die Dauer des Einschaltstromes ca. 15 Perioden beträgt.

Die 11o/2o kV-Transformatoren in Leopoldau besitzen einen Stufenschalter, welcher automatisch nach Gesamtlastsituation im Versorgungsbereich die Sekundärspannung bei Tag im Bereich von 2o,8 bis 21 kV,in der nächtlichen Schwachlastzeit auf 2o kV konstant hält. Bei Ausfall des Verbundnetzes hat unser Bisamberg in Simmering gewissermaßen ein eigenes "Notstromaggregat" mit einer Leistung von 4 x 15o MVA. Zählt man dieser "steifen" Versorgung noch unsere gute alte Eigenzentrale zu, kann man die Versorgungsanlage des Senders Bisamberg als besonders gut gesichert bezeichnen.

7.3 Hoch- und Niederspannungsschalt- und Verteilanlage

Die Übergabe der elektrischen Energie von den WEW an den ORF erfolgt in einer 1974 errichteten Hochspannungsschalt- und Transformatorenstation.

Im WEW-Teil werden 2 über Längstrenner kuppelbare 2o kV-Schienen von der neu errichteten Kabelanspeisung und der alten Freileitung angespeist.

Sowohl die Kabelschiene als auch die Freileitungsschiene speisen über verriegelte Hochspannungsleistungsschalter die Hauptspeiseschiene der ORF-Station.

In der ORF-Station sind neben den Zellen für die WEW-Messung und die ORF-Kontrollmessung Abzweige zu den 3 Anlagentranformatoren mit den Leistungen 7oo, 64o und 4oo kVA und ein Abzweig für die hochspannungsseitige Direktanspeisung des neuen 6oo kW-Senders ausgebaut (Bild 32).

Da es möglich sein muß, den 7oo- und 64o-kVA-Transformator unter bestimmten Voraussetzungen im Parallelbetrieb zu betreiben, diese Transformatoren jedoch verschiedene Kurzschlußspannungen aufweisen, mußten entsprechende Ausgleichsdrosseln vorgesehen werden. Ein Parallelbetrieb der Transformatoren wird aber mit Rücksicht auf die Begrenzung der Kurzschlußleistung möglichst vermieden.

Die gesamte Niederspannungsverteilung wird in einem 14-feldigen Schaltgerüst vorgenommen. Aus Gründen der Betriebssicherheit und um eine weitestgehende Anpassungsmöglichkeit an die Vielzahl der betrieblichen Erfordernisse zu erhalten, ist die Niederspannungsverteilung als Doppelsammelschienensystem ausgebildet.

Entsprechend der hohen Kurzschlußabschalteleistung des Netzes von 24o MVA und der außerdem noch bestehenden Parallelschaltmöglichkeit der Dieselzentrale zum Netz mußten besondere Untersuchungen zur Ermittlung des möglichen Kurzschlußstromes durchgeführt werden, um die Schaltanlage kurzschlußfest ausbilden zu können. Unter Berücksichtigung des Parallelbetriebes a) der beiden Transformatoren, b) der drei Generatoren, c) eines Transformators mit den drei Generatoren, ergab die Berechnung Werte für den Stoßkurzschluß-Wechselstrom von I_{sw} = 35 kA und für den Stoßkurzschlußstrom von I_s = 9o kA.

Der im praktischen Betrieb nie vorkommende Fall des Parallelbetriebes beider Transformatoren mit zwei Generatoren auf einer Schiene würde für den Stoßkurzschlußstrom von I_s = 13o kA ergeben.

Aufgrund betrieblicher und wirtschaftlicher Überlegungen wurden die Anlagen für die unter a), b) und c) angeführten Betriebsfälle wie folgt ausgelegt:

für Selbstschalter, Hebelschalter, Meßwandler und Sicherungen:

maximaler Stoßkurzschluß-Wechselstrom I_{sw} = 4o kA effektiv.

für die Sammelschienen (12o x 1o mm Cu) und die Abzweigschienen:

maximaler Stoßkurzschlußstrom I_s = 1oo kA.

Um vor allem die dynamischen Beanspruchungen des möglichen Stoßkurzschlußstromes ohne Deformation aufnehmen zu können, wurden die einzelnen Schienen des Systems zueinander versetzt und in knappen Abständen entsprechend abgestützt.

Für die Stromversorgung bei Netzausfällen steht eine Dieselnotstromanlage, bestehend aus drei Maschinensätzen zu 2 x 5oo PS (368 kW) und 1 x 4oo PS (294 kW), sowie ein automatisierter Maschinensatz mit 5o PS (37 kW) zur Verfügung. Die gesamte Dieselanlage ist voll synchronisierbar, sodaß die Lastübernahme und - übergabe vom Netz ohne Betriebsunterbrechnung durchgeführt werden kann. Die Überwachung

und Steuerung der gesamten Stromversorgung, einschließlich der Dieselanlage, kann von einer in unmittelbarer Nähe des Senderraumes befindlichen, zentralen Steuerschaltwarte ferngesteuert durchgeführt werden.

Ein übersichtliches Blindschaltbild, zahlreiche Meßinstrumente sowie ein Synchronisierarm ermöglichen das rasche Erkennen der jeweiligen Schaltsituation und die Durchführung der jeweils notwendigen Schalthandlungen. Die Betätigung der meisten Hoch-und Niederspannungsleistungsschalter größerer Leistung erfolgt mittels in einer eigenen Kompressoranlage erzeugter Druckluft.

Beim Betrieb von Sendern großer Leistung muß unbedingt durch mögliche Rückzündungen in den Hochspannungsgleichrichtern, mitunter mit häufigen Kurzschlüssen gerechnet werden. Um die Rückwirkung dieser kurzzeitigen Kurzschlußbelastung auf die empfindlichen Verbrauchergruppen zu vermeiden, wurde die Sammelschiene in drei Gruppen wie folgt unterteilt:

I. Senderschiene

Diese wird gebildet durch das Doppelsammelschienensystem. An ihr sind alle großen Verbraucher,wie die vier Sender und die Enteisungstransformatoren angeschlossen, sowie die Einspeisung der drei großen Dieselaggregate durchgeführt. Das Doppelsammelschienensystem einerseits und die Schaltung der Sender in aktiver Reserve andererseits gestatten es, den Anschluß der vier Einzelsender an die Sammelschienen so durchzuführen, daß bei Ausfall einer Sammelschiene jeweils nur ein Einzelsender eines Doppelsenders ausfällt und der Betrieb jedes Programmes mit 12o kW ungestört aufrechterhalten bleibt:

Sender A 1 angeschlossen an Schiene 1
Sender A 2 angeschlossen an Schiene 2
Sender B 1 angeschlossen an Schiene 1
Sender B 2 angeschlossen an Schiene 2
Ein Notstrombetrieb des 6oo kW-Senders ist aufgrund der Hochspannungs-Anspeisung nicht möglich!

II. Betriebsschiene

Diese ist nur als Einzelsammelschiene ausgeführt und wird normalerweise von einem 4oo kVA-Betriebstransformator gespeist. Bei Ausfall dieses kann mit Hilfe eines Trenn-Umschalters die Betriebsschiene an eine der beiden Doppelsammelschienen durch Längskupplung angeschlossen werden. Von der Betriebsschiene erfolgt die Versorgung einer Reihe von Nebenbetrieben und die Anspeisung der Niederspannungsbetriebe des neuen 6oo kW-Senders.

III. Notstromschiene

Diese wird im Normalbetrieb durch Längskupplung mit der Betriebsschiene von dieser über einen Regeltransformator gespeist. Bei Netzausfall erfolgt die Auftrennung dieser Kupplung und die Versorgung wird durch ein selbstanlaufendes 5o-PS-Dieselnotstromaggregat durchgeführt. An diese Schiene sind jene Verbraucher angeschlossen, die immer unter Spannung sein müssen, wie Quarzheizungen, Meßgestell, Antennenbeleuchtung, Kesselpumpen usw. Um das Aggregat nach dem Anlauf nicht zu überlasten, erfolgt die automatische Lastzuschaltung in zwei zeitlich gestaffelten Gruppen.

Direktanspeisung des 6oo kW-Senders

Zur Vermeidung von Transformationsverlusten wird der Hauptleistungsanteil von ca 1 x 15o kVA des 6oo kW-Senders direkt aus dem 2o kV-Netz bezogen.

Für den Aufschaltvorgang des Senders besteht eine Verriegelung jenes Leistungsschalters, der die Niederspannungsbetriebe des Senders versorgt, sowie des 2o kV-direkt-angespeisten Leistungsschalters.

Die Umsetzung der 2o kV-Anspeisespannung auf die Anoden-Bedarfsspannung von 12 kV erfolgt in einem im Bereich der Sendernebeneinrichtungen aufgestellten Zwischentransformator.

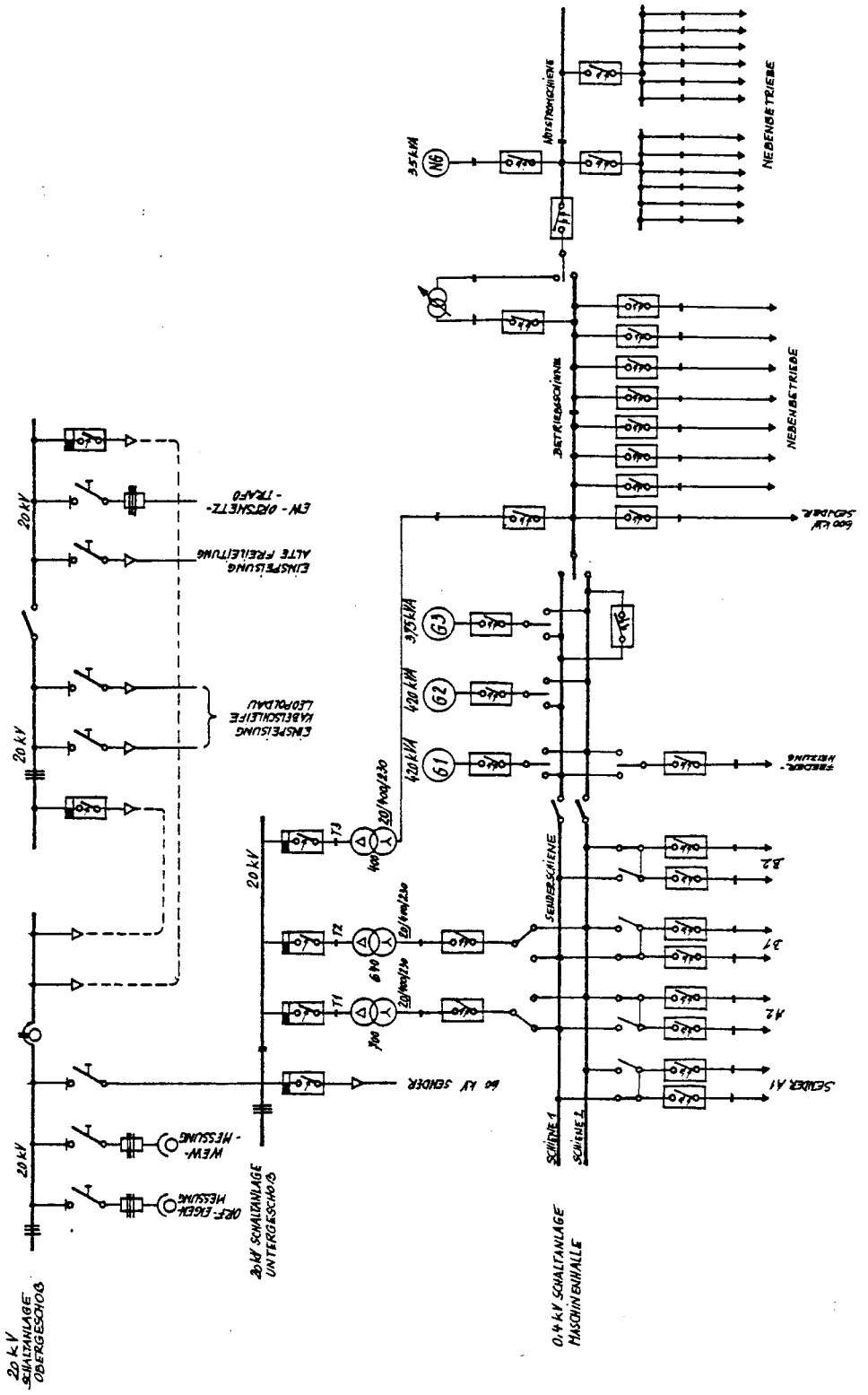


Bild 32 - Prinzipschaltbild der Stromversorgung

8. LUFT-und WÄRMETECHNISCHE ANLAGEN

8.1. Die Anlage für die beiden 24o kW-Sender (1959 errichtet)

Eduard HEYNA, T6

8.1.1 Aufgabenstellung

Der zu planenden und zu erbauenden Anlage wurden folgende Forderungen zugrundegelegt:

1. Beheizung oder Kühlung mit Außenluft nachstehend angeführter Räume je nach Erfordernis:
   Senderraum
   Sendernebenräume
   Meßraum
   Hilfsstudio
   Geräteraum;
2. Einhalten der Pflichtenwerte für Sommer-und Winterbetrieb
3. Automatische Regelung der Raumtemperaturen und Luftfeuchtigkeit innerhalb der vom Österreichischen Rundfunk festgesetzten Pflichtenwerte.
4. Ausnützung der über die Senderabwärme-Verwertungsanlage in den Warmwasserkreis des Zentralheizungssystems übergeführten Verlustleistungen der Sender zur Luftheizung bei extrem niedrigen Außentemperaturen;
5. Zugfreie Belüftung unter Berücksichtigung der akustischen Pflichtenwerte.

8.1.2 Grundlegender Aufbau der Anlage

Die Lüftungszentrale stellt das Zentrum der lufttechnischen Anlage dar. Die Aufbereitung der Luft wird in einzelnen gemauerten Kammern bewerkstelligt. In diesen Kammern sind die technischen Einrichtungen für die Reinigung, Kühlung, Befeuchtung, Trocknung, Bewegung und Erwärmung der Luft vereinigt. Die Anordnung der einzelnen Kammern ist in Abb. 33 schematisch dargestellt. In der Frischluftkammer befinden sich die Regelklappen für Außenluft -und Umluftbetrieb, welche mit einer starren Achse gegenseitig gekuppelt sind und wechselweise, je nach Betriebsart, den Frischluft-oder Umluftweg freigeben. Die Steuerung erfolgt über die vollautomatische pneumatische Regelung mit Hilfe eines pneumatischen Stellmotors. Hinter der Frischluftklappe befindet sich ein kurzer, horizontal angeordneter Betonschacht mit einem Querschnitt von etwa 2,5 m2, welcher an einer Stützmauer seinen Austritt ins Freie findet.

Das Gelände vor der Ansaugöffnung wurde durch die Anlage von Grünflächen und Strauchwerk weitgehend staubfrei gemacht. Die angesaugte Frischluft bzw. Umluft gelangt von der Frischluftkammer über ein Filter in die Befeuchterkammern, in welcher ein Streudüsenaggregat durch Bildung eines Wassernebels für die Befeuchtung der Zuluft bis zu Sättigungsgrenze sorgt. Eine Umwälzpumpe führt das abfließende Wasser erneut den Zerstäubungsdüsen zu. Lediglich die von der Luft absorbierte Wassermenge wird über eine Schwimmer-Einrichtung ergänzt. Von der Befeuchterkammer wird die Zuluft über ein zweites Filter in die Beimischkammer geleitet, in welcher die Möglichkeit besteht, über einen Bypaß warme Rückluft zuzusetzen. Ein Schrägstromluftfilter trennt die Beimischkammer vom Zuluftventilatorenraum. Die vom Zuluftventilator angesaugte Luft wird über eine, an das

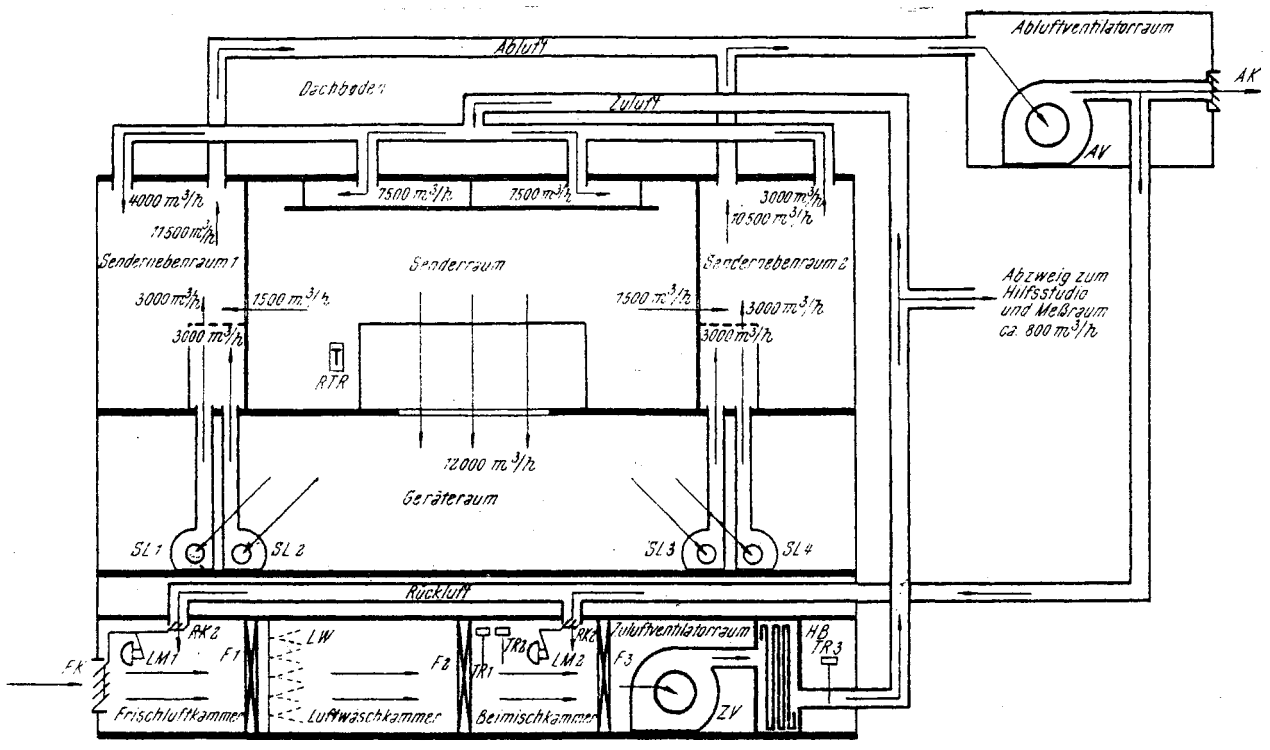


Abb. 33. Prinzipschema der Klimaanlage

FK	Frischluftklappe	LM	Luftmotor	SL	Senderlüfter	LW	Luftwäscher
RK	Rückluftklappe	TR	Temperaturregler	ZV	Zuluftventilator	HB	Heizbatterie
AK	Abluftklappe	RTR	Raumtemp.-Regler im Senderaum	AV	Abluftventilator	F	Filter

Zentralheizungssystem angeschlossene Heizbatterie nach Bedarf nachgewärmt.

Von der Heizbatterie wird die konditionierte Zuluft teilweise in einem gemauerten Steigschacht und teilweise in Blechkanälen zur Dachbodenebene gefördert, wo die Aufteilung und Zuordnung der Blechkanäle zu den einzelnen Einströmöffnungen erfolgt. Die Zuluft wird dann den verschiedenen Räumlichkeiten über eine als Rieseldecke ausgebildete Akustik-Hängedecke zugeführt.

Abgesaugt wird über Abluftöffnungen, die sich an der Decke der beiden Sendernebenräume befinden. Die Abfuhr der Abluft aus dem Senderraum erfolgt durch Längsschlitze über den Sendergestellen in diese beiden Nebenräume. Das Blechkanalsystem für die Abluft ist im Dachboden untergebracht. Es endet mit einer Sammelleitung im Abluftventilatorraum.

8.2. Die heizungs-und lüftungstechnischen Maßnahmen im Zuge der Aufstellung des 600 kW-Senders .

Ing. Erich BRÜCKL

Die Errichtung des neuen 600 kW- Senders ergab für die Planungsgruppe Heizung - Lüftung -Klima in der Bautechnik folgende Aufgabenstellung:

1. Luftaufbereitung und Abluftförderung für die Kühlung des Siebmittel-Raumes und des Senderkontainers
2. Belüftung und Kühlung des Senderraumes
3. Abwärmeverwertung aus der Siedekühlung der Senderröhren
4. Einbindung der neuen Kunstantenne in das vorhandene Gradierwerk (Kühlturm).

ad 1)

Aus der räumlichen Anordnung von Siebmittel-und Senderraum innerhalb des bestehenden Objektes am Bisamberg ergab sich zwingend die Luftführung zum Senderkontainer.

Die Kühlluftventilatoren selbst wurden als Bestandteil des Senderkontainers geliefert und versorgen einen Hochdruckkreis mit 3m³/s und 1300 Pa (130 mm WS) statischer Pressung, sowie einen Niederdruckkreis mit gleichfalls 3m³/s und 300 Pa (30 mm WS) statischer Pressung innerhalb des Kontainers.

Zur Kühlung wird bei einer Außentemperatur von über + 15°C reine Frischluft verwendet, unter + 15°C wird progressiv Umluft aus dem Kontainer der Frischluft beigemischt. Der dem Senderraum vorgelagerte Siebmittelraum wird dazu als überdimensionierte "Mischkammer" verwendet, wodurch gleichzeitig gewährleistet ist, daß die Temperatur im Siebmittelraum nie unter + 15°C sinkt und damit Kondensatbildung vermieden wird.

Die Filterung der Außenluft erfolgt durch ein Rollbandfilter, wobei ein nachträglicher Einbau eines Taschenfilters gemäß ORF-Richtlinien möglich ist. Im Sender selbst sind zusätzliche Feinstaubfilter eingebaut. Über den Senderkontainer gelangt die Kühlluft mit einer Temperatur zwischen 40°C und 65°C in den Abluftschacht und wird im Bereich des Dachaufsatzes ins Freie geführt. Zur Vermeidung von Wärmeabgabe an den Senderraum ist der Abluftschacht wärmeisoliert. Filtervorschub, Temperaturregelung und Abschluß des Lüftungssystems nach außen bei abgeschaltetem Sender erfolgt automatisch.

ad 2)

In den Sommermonaten fällt die Wärmeabgabe der Kontainerwand mit der Wärmeabgabe des besonnten Daches zusammen und es wurde im Hinblick auf erträgliche Arbeitstemperaturen eine Lüftungsanlage für den Senderraum installiert.

Die Frischluft wird an der Westseite des Gebäudes etwa 3m über Terrain angesaugt, gefiltert und über einen Verteilkanal in den Senderraum geblasen. Die Abluft fördern 2 parallel geschaltete Abluftventilatoren in den Sender-Abluftschacht.

Durch eine raumtemperaturabhängig geschaltete Beimischung von warmer Senderabluft, verbunden mit einer Lenkklappe, ist in den Wintermonaten auch eine Beheizung des neben dem Senderraum liegenden Notstromdieselraumes mit derselben Anlage möglich. Die gesamte Steuerung der Anlage erfolgt automatisch.

ad 3)

In Beibehaltung des für alle ORF-Sendeanlagen gültigen Konzeptes, die Senderabwärme zu Raumheizzwecken zu verwenden, wurde in die Dampfleitung zwischen den Senderröhren und den am Dach installierten Kondensatoren ein Wärmeaustauscher Dampf-Warmwasser 90°/60°C geschaltet. Als verfügbare Leistung am Wärmeaustauscher stehen bei mittlerer Modulation rd. 300 kW zur Verfügung. Diese Leistung wird dem bestehenden Speicher (20.000 l Inhalt) zugeführt und deckt zusammen mit der Abwärme der bereits früher vorhandenen beiden 240 kW Sender den Wärmebedarf des gesamten Objektes. Die gleichfalls vorhandene, zum Teil aus der Vorkriegszeit stammende Kesselanlage stellt nur mehr eine Ausfallsreserve dar.

ad 4)

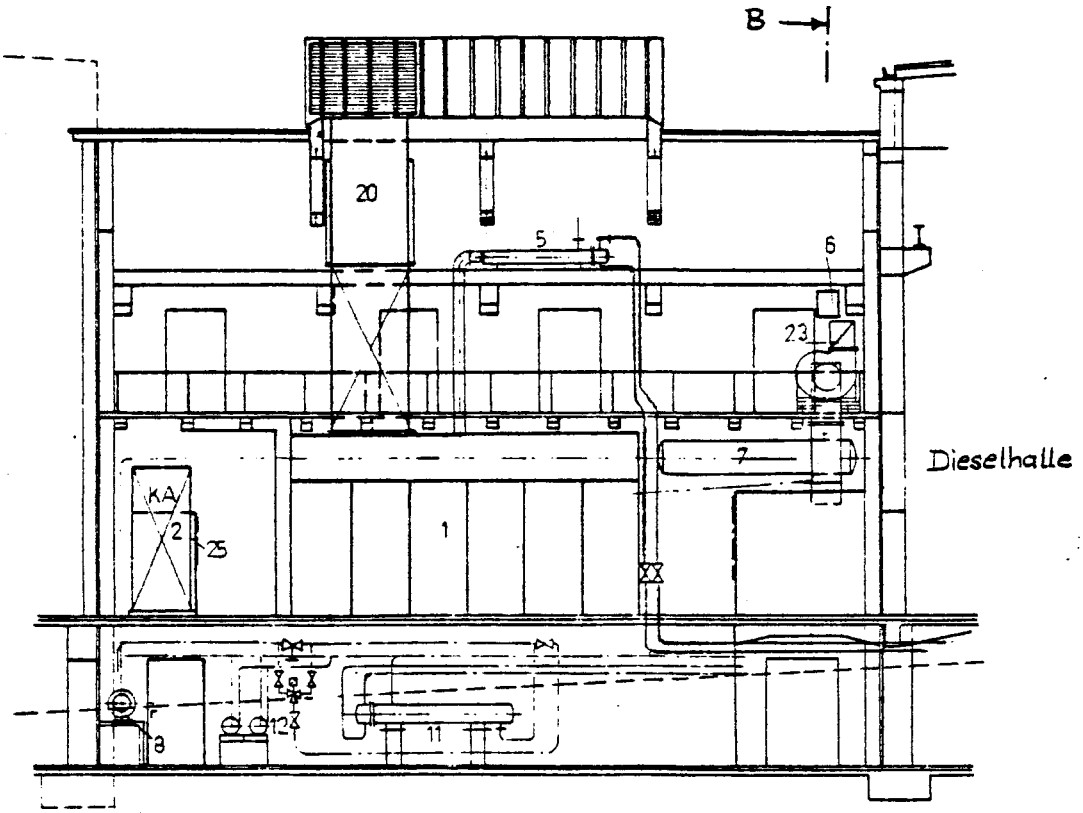
Mit der Errichtung des neuen 600 kW-Senders war auch die Aufstellung einer Kunstantenne für den Einmeßbetrieb verbunden.

Abb.34: Schematische Darstellung der lufttechnischen Anlagen

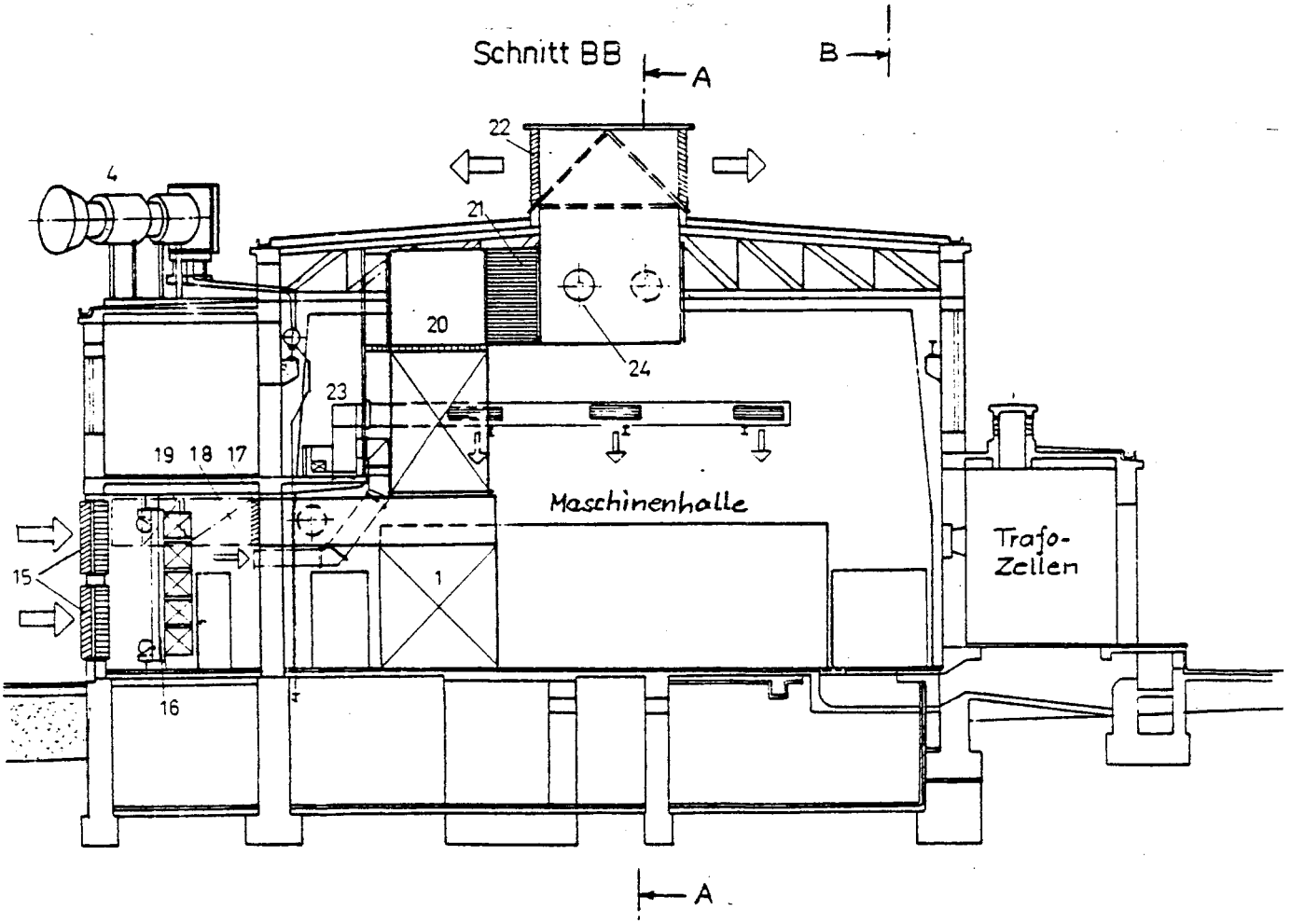
LEGENDE

1 Senderkontainer 600 KW
2 KA Kurzantenne
3 Starkstromkomponente
4 Luft-Kondensator d. Siedekühlung
5 Warmwasser-Heizungskondensator+Pumpen
6 Wasseraufbereitung
7 Wassertank
8 Kühler f. Kurzantenne
11 Kühlwasser-Umformer
12 Regelung u. Pumpen f. —•—
15 Frischluftjalousie+Klappe
16 Frischluftfilter (Umluftfilter)
17 Umluftklappe
18 Schalldämpfer Zuluft
19 Schalldämpfer Umluft
20 Abluftschacht
21 Schalldämpfer Abluft
22 Abluftjalousie+Gitter
23 Belüftungsanlage-Senderhalle
24 Entlüftungsventilator-Senderhalle
25 Schalttafel f. Kühlung u. Lüftung

Schnitt AA



Schnitt BB



Die bei Vollbetrieb abzuführende Wärmemenge beträgt 1800 kW. Die Kunstantenne besitzt eine Sodawasserkühlung in geschlossenem System. Das Sodawasserkühlmittel wird in einem Wärmetauscher mittels Kühlwasser von 80°C auf 60°C abgekühlt.

Nach Überprüfung des bereits vorhandenen Rückkühlturmes hinsichtlich Funktion und Leistung konnte der neue Kühlkreis an das vorhandene System angeschlossen werden. Die Kühlwasserumwälzmenge beträgt 36 l/s. Im Wärmeaustauscher erfolgt eine Aufwärmung um 12° (30°C auf 42°C)

Die Isolierung der Leitungen sowie Ergänzungen am Heizungs- und Druckluftsystem erfolgten ebenfalls im Rahmen des Projektes.

Die Kosten der heizungs- und lüftungstechnischen Maßnahmen betrugen rd.S 1 Mill.

9. BETRIEBSERFAHRUNGEN

Ing. Stefan WOLLNER u. Ing. Ernst REITHMEIER, T7

Die MW-Sendeanlage Bisamberg präsentiert sich heute als eine Anlage, die in ihrer Bausubstanz und Technik drei verschiedenen Bauabschnitten entstammt:

- die Gesamtkonzeption und Anordnung sowie die Notstromanlage und verschiedene Nebenbetriebe aus dem Jahre 1932/33
- die 2 x 24o kW-Sender mit der Antennenanlage und den zugehörigen Nebenbetrieben aus den Jahren 1957/59
- der 6oo kW-Sender mit seinen Nebenbetrieben und den zur Leistungserhöhung erforderlichen Anlagenteilen der Stromversorgung und Antennen aus dem Jahre 1974/75

Das Gesamtkonzept der Anlage kann aus diesem Grunde nicht einheitlich sein und eine Reihe von Kompromissen, die aus wirtschaftlichen Erwägungen geschlossen wurden, wirken sich auf die Betriebsabwicklung - verglichen mit einer Anlage, die von Grund auf neu, nach modernen Gesichtspunkten geplant wäre - nachteilig aus.

Der 6oo kW-Sender wurde nur 18 Monate nach Bestellung Anfang 1975 termingemäß in Betrieb genommen. Dieser Termindruck im Hinblick auf die Genfer MW-Konferenz muß aber als Ursache dafür angesehen werden, daß umfangreiche Nacharbeiten an der Gesamtanlage erforderlich wurden, denn die Betriebssicherheit des 6oo kW-Senders entsprach nicht den Erwartungen: Innere Röhrenüberschläge, Crowbar-Abschaltungen, Überschläge an Schutzfunkenstrecken und sich daraus ergebende UV-Abschaltungen des Senders verursachten immer wieder Ausfälle, ebenso wie Undichtheiten des Kühlsystems durch Risse an Schweißverbindungen von Polypropylenrohren und durch thermische Veformungen bei Flanschverbindungen. Verunreinigungen des Kühlwassers konnten erst nach mehrmaligem Reinigen des Kühlsystems und Ersatz der Abdampfschläuche durch Glasrohre auf ein erträgliches Maß reduziert werden. Auch die Wasser-Luft-Wärmetauscher, die Spulenkühlpumpe, Kühlwasserventile sowie Einrichtungen zur Kühlwasser-Niveauhaltung mußten ausgetauscht bzw. überarbeitet werden. Es zeigte sich, daß die Neuentwicklung eines Senders dieser Leistungsklasse trotz vorhandener umfangreicher Erfahrungen der Herstellerfirma nur im praktischen Betrieb im Zusammenwirken von Firmen, Fachabteilungen und Betriebspersonal auf einen Stand gebracht werden kann, der einen brauchbaren Betrieb zuläßt.

Ein spezielles Problem stellt die neu entwickelte Tetrode CQS 4oo in der HF-Leistungsendstufe dar: Die hohen Strombelastungen ergeben offenbar große technologische Schwierigkeiten und erfordern auch entsprechend enge Fertigungstoleranzen. Es konnte bis jetzt keine Röhre die garantierten Brennstunden erreichen, doch lassen die letzten Röhren eine Besserung erkennen.

Hervorzuheben ist, daß die TTL-Logik klaglos funktioniert hat.

Die Unterbringung des 6oo kW-Senders im Erdgeschoß erwies sich in der Zeit der geringen Betriebssicherheit als großer Nachteil, da alle übrigen wichtigen Anlagenteile (24o kW-Sender und Senderhauptkontrolle) im ersten Stock angeordnet sind. Erst die verbesserte Betriebszuverlässigkeit des 6oo kW-Senders mindert diesen Nachteil.

Da die Sender im Einmanndienst von der Senderhauptkontrolle aus bedient und überwacht werden sollen, ohne daß der diensthabende Techniker den SHK-Raum zu

verlassen braucht, sind die Fernsteuereinrichtungen für die aus dem Jahre 1958 stammenden 24o kW-Sender, für alle Leistungsschalter und Erdungsschalter im HF-Leistungszug sowie die Signalisierungen und ein zur Bedienung erforderliches Leuchtschaubild von besonderer Bedeutung. Die Arbeiten an diesen Einrichtungen , die zum Zeitpunkt der Betriebsaufnahme 1975 noch nicht vorhanden waren, konnten Ende 1977 abgeschlossen werden und es haben sich diese zwar aufwendigen, aber für den Diensthabenden in der SHK unerläßlichen Hilfsmittel voll bewährt. Lediglich die Arbeiten an den Überwachungseinrichtungen für die Nebenbetriebe, wie Stromversorgungs-und-verteilungsanlagen, Kühlwasser-, Abwasser- und Heizungsanlagen, die ebenfalls in der SHK zentralisiert werden, sind noch im Gange.

Die Spannungsfestigkeit der Antennenanlage konnte noch nicht so weit verbessert werden, um bei atmosphärischen Entladungen (Gewittern) den Sendebetrieb mit hoher Leistung und ohne wesentliche Störungen aufrecht erhalten zu können. In der Regel muß bei Gewittern noch immer eine Leistungsreduzierung vorgenommen werden, bzw. auf Simultanbetrieb am Südmast umgeschaltet werden. Die Versuche in Richtung auf Verbesserung gestalten sich schwierig und zeitraubend, da die Wirksamkeit von Maßnahmen (z.B. Überbrückung der obersten Pardunenisolatoren) nur über eine Gewitterperiode erprobt werden kann. Im Laufe des Jahres 1978 werden in dieser Richtung weitere Arbeiten durchgeführt.

Zusammenfassend kann gesagt werden, daß man nicht erwarten kann, nach einem derart tiefgreifenden Umbau an einer MW-Sendeanlage für Zweifrequenzbetrieb mit 6oo kW Leistung auf Anhieb voll zufriedenstellende Betriebsverhältnisse zu erzielen, daß aber durch konsequente Auswertung der gewonnnenen Erfahrung in Zusammenarbeit von Lieferfirmen, Planung und Betrieb ein befriedigendes Betriebsverhalten der Anlage Bisamberg zu realisieren ist. Dieses Ziel ist nunmehr, nach rund zweieinhalb Jahren nach der Betriebsaufnahme, nahezu voll erreicht.

Autoren und Beiträge aus den TD-Dienststellen:

Die vorliegende Dokumentation basiert auf Beiträgen, die der T 1-3 von nachfolgend angeführten Mitarbeitern freundlicherweise zur Verfügung gestellt wurden.

Die T 1-3 zeichnet für die redaktionelle Bearbeitung und die Gesamtgestaltung verantwortlich.

Thema:	Autor:	Dienststelle:	Tel.Nr. (Vorwahl Wien : 0222) :
Die Bedeutung der MW-Großstationen im Rahmen der Neuordnung des MW-Sendernetzes des ORF	Dipl.Ing. Josef BURGSTALLER	TD/SE	82 91/3325
Historisches	Ing. Stefan MÜLLER	TD/SE	82 91/3329
Das Betriebskonzept	Ing.Ernst REITHMAIER	T 7	39 42 65 oder 82 91/3324
Die sendertechnischen Einrichtungen:			
Die Sender	Ing. Josef EGGENHOFER	T 2-3	82 91/3423
Die Senderschalt- und Überwachungseinrichtungen	Ing. Othmar FRISCHHERZ	T 2-3	82 91/3424
Die Antennenanlage	Ing.Walther KASTINGER	T 4-2	82 91/3447
Die Energieversorgung	Eduard HEYNA	T 6	82 91/3568
Die luft- und wärmetechnischen Anlagen	Eduard HEYNA	T 6	82 91/3468
	und Ing.Erich BRÜCKL	T 3	82 91/3408
Betriebserfahrungen	Ing. Stefan WOLLNER und Ing. Ernst REITHMAIER	T 7	beide: 39 42 65